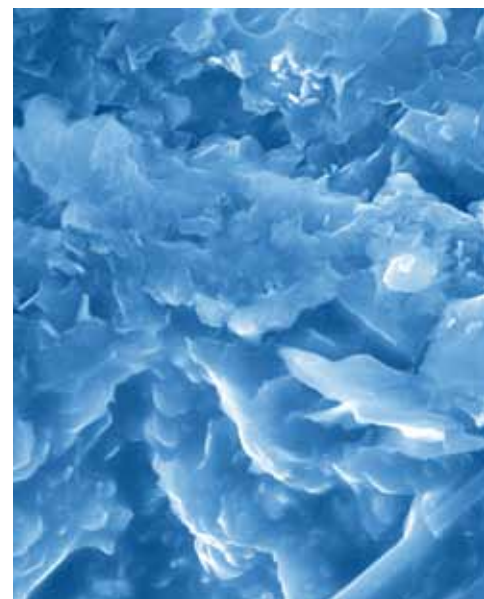
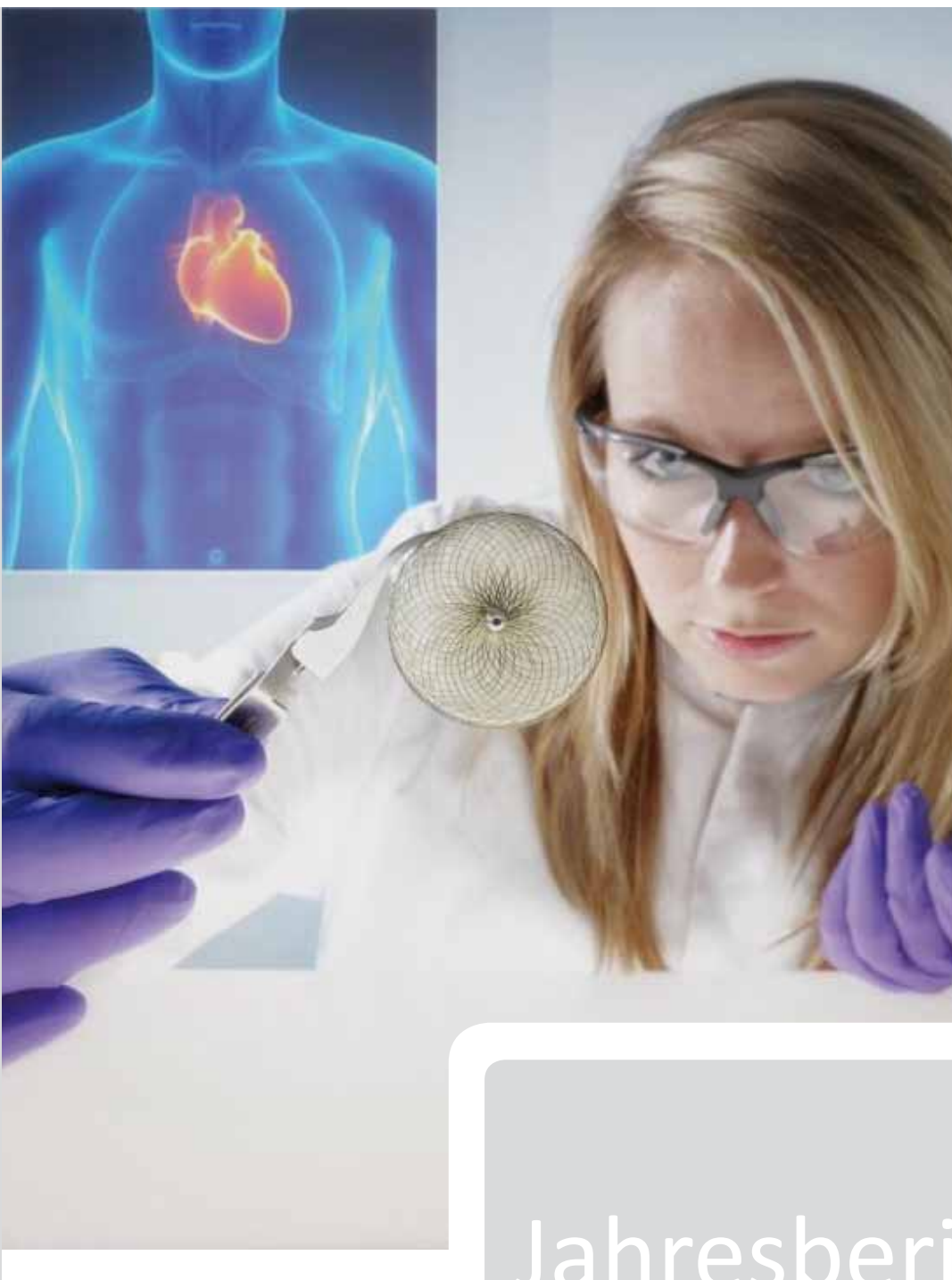




Jahresbericht Annual Report 2011

Mitglied der

Leibniz
Leibniz Gemeinschaft

INM
Leibniz-Institut für
Neue Materialien



Jahresbericht - Annual Report

2011

**INM – Leibniz-Institut für Neue Materialien
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft**

**INM – Leibniz Institute for New Materials
Member of the Leibniz Association**

Saarbrücken



Vorwort - Preface	6
Gruppenberichte - Group Reports	
Funktionelle Oberflächen - Functional Surfaces	11
Metallische Mikrostrukturen - Metallic Microstructures	14
Nanotribologie - Nanotribology	17
Strukturbildung auf kleinen Skalen - Structure Formation at Small Scales	20
Nano Zell Interaktionen - Nano Cell Interactions	23
Biomineralisation - Biomineralization	26
CVD/Biooberflächen - CVD/Biosurfaces	29
Nanoprotect - Nanoprotect	32
Nanomere - Nanomers	35
Optische Materialien - Optical Materials	38
Modellierung/Simulation - Modelling/Simulation	41
Anwendungszentrum NMO/Verfahrenstechnik - Application Center NMO/Chemical Engineering	44
Servicegruppe Bibliothek - Service Group Library	47
Servicegruppe Chemische Analytik - Service Group Chemical Analytics	48
Servicegruppe Physikalische Analytik - Service Group Physical Analytics	49
Servicegruppe Engineering - Service Group Engineering	50
Servicegruppe Werkstoffprüfung/Pulversynthese - Service Group Materials Testing/Powder Synthesis	51

Highlights 2011

Stärkung der Mikroskopie am INM - Strengthening of the microscopy at INM	55
Leibniz Nano: das INM als Netzwerk-Akteur - Leibniz Nano: INM as a network protagonist	56
Einfluss einer Vorverformung auf den Größeneffekt in Nickel-Mikrodruckproben - Influence of pre-straining on the size effect in nickel compression pillars	57
Durch die Kinetik bestimmte Nanopartikel-Agglomerat-Strukturen - Nanoparticle agglomerate structures defined by kinetics	58
Beobachtung von Nano-Zell-Interaktionen mittels Nanoskopie - Nano Cell Interactions observed by Nanoscopy	59
Die Biotechnologie von Chitin-Kompositen - Biotechnology of Chitin Composites	60
Oberflächenmodifizierte Beschichtungen für künstliche Herzklappen: Diagnose von Thrombusformation - Surface Engineered Coatings on Mechanical Heart Valves: Diagnostics of Thrombosis	61
Tribologisches Komposit mit integriertem Korrosionsschutz - Tribological composite with integrated corrosion protective function	62
Stärkung des Technologietransfers - Enhancing Technology Transfer	63
Biogene Materialien für technische Anwendungen - die Task Force Biogene Materialien - Transferring biogenic materials to technical applications - Task Force Biogenic Materials	64
Mini-Symposium zu Anordnungsmechanismen von Nanopartikeln - Mini-symposium on assembly mechanisms of nanoparticles	65



Fakten und Zahlen - Facts and Figures

Das INM 2011 in Zahlen - INM 2011 in figures	69
Mitglieder des Kuratoriums - Members of the Board of Directors	71
Mitglieder des wissenschaftlichen Beirats - Members of the Scientific Board	71
Aktivitäten in Gremien - Activities in committees	72
Auszeichnungen - Awards	73
Abgeschlossene Dissertationen - Completed doctoral theses	74
Abgeschlossene Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten - Completed bachelor, master and diploma theses	74
Doktoranden - Doctoral Students	76
Gastwissenschaftler - Guest Scientists	76
Publikationen - Publications	77
Vorträge - Talks	83
Lehrveranstaltungen - Lectures	90
Patente - Patents	91
Kooperationen - Cooperations	92
Veranstaltungen - Events	93
Das INM in den Medien - INM in the media	96
Organigramm - Organigram	98

Vorwort - Preface

Liebe Leserinnen und Leser, liebe Freunde des INM,
vom Molekül zur Pilotfertigung – wie wir dieses Motto auch 2011 umgesetzt haben, zeigen Ihnen folgende Beispiele: Grundlegende Arbeiten lieferten neue Einblicke etwa in die Mechanik von Biomaterialien oder die Mechanismen der Reibung. Die Gecko-Haftung und Beschichtungen für Implantatmaterialien befinden sich auf dem Sprung in erste Anwendungen. Unser technologisches Know-how nutzen wir für die Entwicklung neuer Beschichtungen, etwa gegen Korrosion oder zur Steigerung der Effizienz von Solarzellen. Dies sind nur einige Themen, die wir Ihnen auf den folgenden Seiten vorstellen möchten.

Ein Highlight des Jahres 2011 war die Einweihung unseres neuen Transmissionselektronenmikroskops im Oktober. Seinen umfangreichen, modernen Mikroskopie-Park wird das INM zukünftig im *Centrum für Funktionelle Mikroskopie (CFM)* bündeln und für andere Forscher öffnen. Dies übernimmt der renommierte Elektronenmikroskopiker Professor Niels de Jonge, der seit Januar 2012 den neuen Programmbereich *Innovative Elektronenmikroskopie* aufbaut. Auch im neuen Netzwerk Leibniz Nano, für das das INM die Federführung übernommen hat, steht die Fokussierung und Bündelung von Know-how im Mittelpunkt. Im September in Saarbrücken ins Leben gerufen, verbindet es Leibniz-Institute mit Aktivitäten im Bereich der Nanotechnologie.

Seit Januar 2011 ergänzt die neue Juniorforschungsgruppe *Metallische Mikrostrukturen* die Arbeiten im Forschungsfeld *Grenzflächenmaterialien*. Im Mittelpunkt stehen die Mechanik kleinskaliger Materialien, vor allem Metalle, und deren Strukturierung. Gleichzeitig haben wir der erfolgreichen Arbeit im Bereich *Nano Zell Interaktionen* Rechnung getragen: Die vormalige Juniorforschungsgruppe wurde mit Jahresbeginn 2011 zum Programmbereich erweitert. Letztmalig werden Sie den Programmbereich *Nanoprotect* finden, der aus strukturellen Erwägungen Ende 2011 aufgelöst wurde.

Besonders freut es uns, dass das INM seine Attraktivität für internationale Kolleginnen und Kollegen weiter erhöht. Neben Sabbatical-Aufenthalten sind es vor allem Humboldt-Stipendiaten und -Preisträger, die das INM als Gastinstitution wählen. 2011 und 2012 verbringen vier Wissenschaftler ihren Humboldt-Aufenthalt am INM, darunter ein Humboldt-Forschungspreisträger. Im Ranking 2012 der Humboldt-Stiftung zur Attraktivität außeruniversitärer Einrichtungen für ausländische Mitarbeiter befindet sich das INM unter den TOP 20.

Und zu guter Letzt: Im Jahr 2011 wurde das Evaluierungsverfahren vollständig abgeschlossen. Aufgrund des großen Erfolgs ist die Finanzierung des INM nun wieder bis 2017 gesichert!

Solche Erfolge sind nur durch das Zusammenspiel vieler zu erreichen. Wir danken daher allen Freunden, Partnern und Förderern des INM herzlich für ihre Unterstützung. Ein besonderer Dank gilt unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Nur durch sie wird die erfolgreiche Arbeit unseres Instituts erst möglich.



Prof. Dr. Eduard Arzt
Wissenschaftlicher Geschäftsführer und
Vorsitzender der Geschäftsführung



Dr. Roland Rolles
Kaufmännischer Geschäftsführer



Dear readers, dear friends of INM,

From molecule to pilot production – the following examples reveal how we implemented this idea in 2011: Fundamental research provided new insight in the mechanics of biomaterials or the mechanisms of friction. Gecko adhesives and coatings for implant materials are on the verge of their first applications. We used our technological know-how for the development of new coatings, such as against corrosion or for the improvement of the efficiency of solar cells. These are only a few topics that we would like to introduce to you on the following pages.

One of the highlights of the year 2011 was the inauguration of our new transmission electron microscope in October. In the future, INM will bundle its comprehensive and modern microscopy park in the *Center for Functional Microscopy (CFM)*, which will also be open to other researchers. This task is undertaken by the renowned electron microscopist Prof. Niels de Jonge, who started to implement the new Program Division *Innovative Electron Microscopy* in January 2012. The new network *Leibniz Nano*, led by INM, also concentrates on the focusing and the bundling of know-how. Founded in Saarbruecken in September, it coordinates institutes of the Leibniz Association with activities in the field of nanotechnology.

Since January 2011, the new Junior Research Group *Metallic Microstructures* has contributed new research in the field of *Interface Materials*. Its main focus is on the mechs

of small-scale materials, above all metals, and their patterning. At the same time, we acknowledged the successful work in the field of *Nano Cell Interactions*: The former Junior Research Group was promoted to a Program Division at the beginning of 2011. The Program Division *Nanoprotect* appears for the last time as it was shut down for structural reasons at the end of 2011.

We are particularly pleased that INM has continued to increase its attractiveness for international colleagues. Apart from sabbatical stays, scholarship holders and award winners from the Humboldt Foundation chose INM to be their host institution. In 2011 and 2012, four scientists spent and will be spending their Humboldt stay at INM, among them a Humboldt award winner. In the ranking 2012 of the Humboldt Foundation regarding the attractiveness of non-university research institutions, INM is listed among the top 20.

Last but not least: In 2011, the evaluation process was completed. Because of the great success, INM has secured continued funding through 2017!

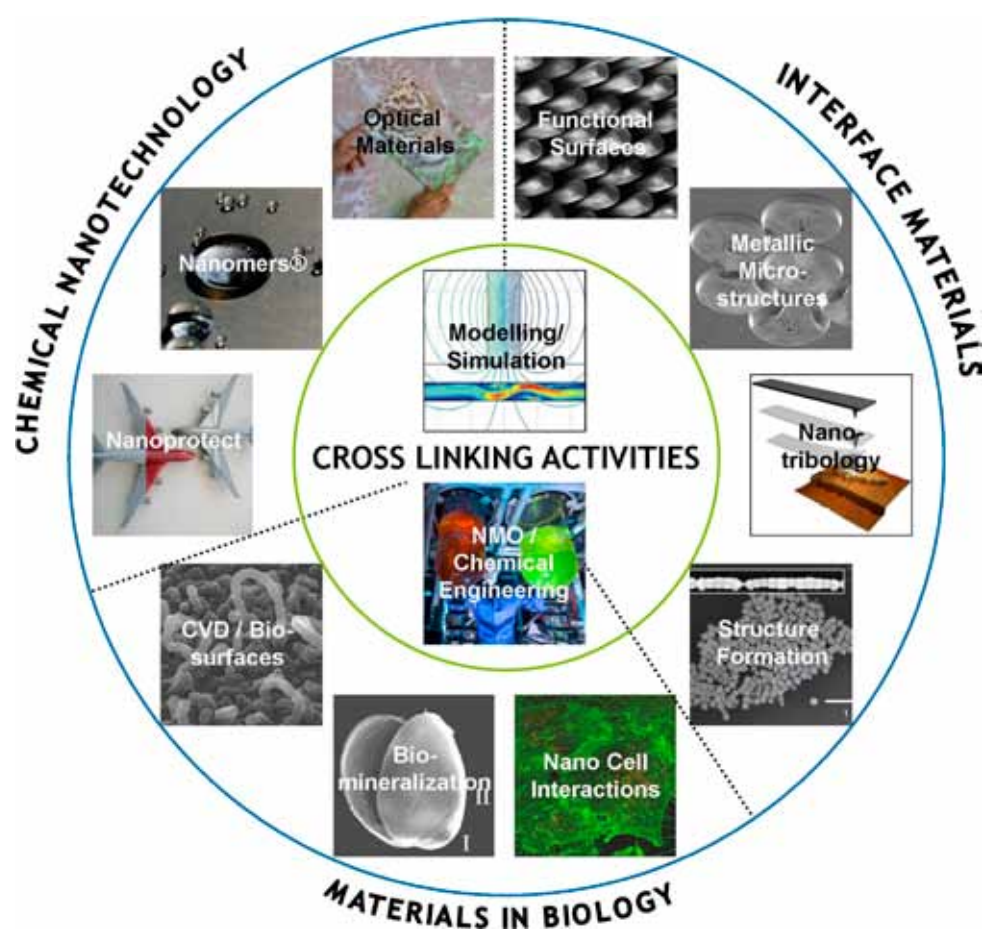
Such successes can only be achieved by the interaction and the cooperation of many people. For this purpose, we take the opportunity to cordially thank all friends, partners, and sponsors of INM for their support. Our special gratitude goes to our employees. Only through them, the successful work of our institute can be realized, as they advance INM through their dedication, commitment and performance.

Prof. Dr. Eduard Arzt
Scientific Director and Chairman (CEO)

Dr. Roland Rolles
Business Director



Gruppenberichte - Group Reports





Im Programmbereich *Funktionelle Oberflächen* werden Materialoberflächen durch physikalische Strukturierung modifiziert, um verbesserte oder neue Funktionen zu ermöglichen. Ziel ist es, definierte Oberflächenstrukturen herzustellen, zu charakterisieren und – basierend auf den Ergebnissen – für potenzielle Anwendungen zu optimieren. Im Fokus stehen Oberflächen mit speziellen adhäsiven Eigenschaften, z.B. mit schaltbarer Adhäsion oder mit hoher Haftung an weichen Materialien. Folgende Themen standen 2011 im Mittelpunkt:

- *Schaltbare Adhäsionssysteme*: Mikrostrukturierte Oberflächen wurden so hergestellt, dass deren adhäsive Eigenschaften reversibel über den Anpressdruck schaltbar sind. Neben der Aufklärung der zu Grunde liegenden Mechanismen wurden zusammen mit der Servicegruppe *Engineering* Demonstratoren für Bestückungsprozesse entwickelt.
- *Haftsysteme für biomedizinische Anwendungen*: In Kooperation mit der HNO-Abteilung der Universitätsklinik in Homburg wurden Adhäsionssysteme entwickelt, die auf weichen Oberflächen, beispielsweise auf Haut, haften.
- *Neue In-situ-Adhäsionsmessmethoden*: Gemeinsam mit der Juniorforschungsgruppe *Metallische Mikrostrukturen* wurden neue Methoden zur Bestimmung der adhäsiven Eigenschaften entwickelt, mit denen nun Adhäsionsmessungen unter gleichzeitiger Beobachtung im Rasterelektronenmikroskop durchgeführt werden können.
- *Hierarchische Adhäsionssysteme*: Gemeinsam mit der Juniorforschungsgruppe *Strukturbildung auf kleinen Ska-*

len wurden Prozesse entwickelt, mit denen hierarchisch strukturierte Oberflächen hergestellt werden können. Darauf basierend soll die Adhäsion hierarchisch strukturierter Haftsysteme gegen raue Oberflächen untersucht werden (DFG-Projekt im Schwerpunktprogramm 1420).

- *Upscaling*: Gemeinsam mit dem Fraunhofer ISE – Institut für Solare Energiesysteme und BASF wurde ein Verfahren entwickelt und zum Patent eingereicht, mit dem mikrostrukturierte Oberflächen in einem kontinuierlichen Prozess hergestellt werden können. Diese Technologie eröffnet durch die Möglichkeit einer kostengünstigen Herstellung neue Anwendungsgebiete.

2012 stehen vor allem potenzielle Anwendungen der untersuchten Effekte im Mittelpunkt. Die vielfältigen Industriekontakte im Bereich „Schaltbare Oberflächen“ und „Biomedizinische Anwendungen“ werden genutzt, um Anwendungsbereiche zu identifizieren und die bestehenden Systeme entsprechend zu optimieren. Durch die enge Kooperation mit der Servicegruppe *Engineering*, dem Programmbereich *Optische Materialien* und der Gruppe *Vertrieb & Kommunikation* wird die angewandte Forschung gestärkt. Gleichzeitig werden Kapazitäten frei, um neue wissenschaftliche Themenbereiche zu etablieren. Geplant sind Arbeiten im Bereich multifunktionaler Systeme, Anticing Oberflächen und Materialien mit einer kontrollierten oder schaltbaren Haptik.



Mission

The Program Division *Functional Surfaces* works on the modification of the surface geometry of materials using physical patterning techniques to achieve improved or new functionalities. Currently, the focus of research lies on surfaces with special adhesive properties, such as switchable adhesives or materials with high adhesion to soft materials as e.g. skin or tissue. The goal of the Program Division is the fabrication of defined surface patterns, characterization of the resulting properties and – based on the results – optimization of the systems for potential applications.

Current research

The following highlight topics were investigated in the Program Division *Functional Surfaces* in 2011:



Figure 1: Bioinspired adhesives designed to stick to soft materials. Here, the adhesive patch sticks to skin with a force of 1.2 N.

Switchable adhesives (“gecko structures”)

Micropatterned surfaces were fabricated in such a way that the adhesive properties depend on – and are switchable by – the applied preload pressure. A high preload pressure leads to an almost complete loss in adhesion. Besides a thorough investigation of the underlying mechanisms of the mechanical switching, we fabricated demonstrators together with the Service Group *Engineering*, which allow manual pick-and-place processes. These demonstrators were also used to investigate the performance of adhesives under “real” conditions, such as adhesion on dusty surfaces, to engineering surfaces or during repeated usage.

Adhesion systems for biomedical applications

The adhesive properties of micropatterned surfaces on skin were investigated. In collaboration with the Department for Otorhinolaryngology of the University Clinic in Homburg, we developed adhesion systems which adhere to soft materials. We could show (Figure 1) that a special combination of surface patterning and material properties enables high and reversible adhesion to skin (Kaiser et al., J. Art. Org. 2011). Besides the investigation of bioinspired adhesives for an application as implant materials, cell growth tests were performed at the University Clinic on these patterned surfaces to investigate whether the patterned surfaces influence the proliferation of cells.

In cooperation with the Max-Planck-Institute for Polymer Research in Mainz, we have started to build up a testing device to investigate the adhesion and friction of surgical threads. This BMBF funded project aims to develop surgical thread material which makes knotting of the threads during surgery obsolete.

New in situ adhesion measurement systems

In cooperation with the Junior Research Group *Metallic Microstructures*, we developed new methods for the determination of adhesive properties. Besides the already established leading position for macroscopic adhesion measurements, we can now perform experiments in an environmental scanning electron microscope, allowing the *in situ* visualization of the detachment processes without covering the polymeric surfaces with a conductive layer. With this, the optical resolution during the adhesion measurements could be increased and thus, it was possible to investigate adhesion mechanisms more closely. This is key to the design of improved adhesive surfaces.

Hierarchical adhesion systems

Together with the Junior Research Group *Structure Formation*, we developed new processes which allow the fabrication of hierarchical surface patterns. By combination of



these new techniques with the well-established micro and macropatterning methods, hierarchical structures with feature sizes spanning a range of more than five orders of magnitude can be fabricated (Figure 2). Based on these new patterning techniques, the influence of hierarchy on adhesion against rough surfaces will now be investigated (project funded by DFG).

Upscaling of Gecko structures

In 2011, the project “Bioinspired Adhesives by Micro- and Nanopatterning Techniques” funded by Volkswagen-Stiftung was successfully concluded. In collaboration with the Fraunhofer ISE – Institute for Solar Energy Systems and BASF, we developed and patented a process which allows continuous micropatterning of polymeric foils in a roll-to-roll process. This new technology allows cost efficient micropatterning of large areas, which will enable us to enter new fields of application.

Outlook

The mid-term goal of the Program Division *Functional Surfaces* is to broaden its field of research. Besides the main research fields “switchable surfaces”, “adhesion systems for biomedical applications” and “hierarchical adhesion systems”, other research topics will be implemented. The field of multifunctional surfaces will be investigated, where besides the already well-established methods and deep knowledge of adhesive surfaces new functionalities will be realized using patterning techniques. An example for a multifunctional surface is a material which can stick to tissue, but also improves cell proliferation and fulfills mechanical properties to adapt to the movement of the tissue. As a further goal, new fields of research will be established, with topics such as anti-icing surfaces or materials with controllable and switchable haptics.



Figure 2: Macroscopic hierarchical model system with three levels of hierarchy.

Metallische Mikrostrukturen - Metallic Microstructures

Dr. Andreas Schneider

Die Juniorforschungsgruppe *Metallische Mikrostrukturen* beschäftigt sich mit der Mechanik kleinskaliger Materialien, der Mikrostrukturierung von metallischen Oberflächen und der Durchführung von mikromechanischen Tests im Rasterelektronenmikroskop. Neben metallischen Werkstoffen werden auch hierarchisch aufgebaute Biomaterialien und Polymere charakterisiert. Ziel ist die Aufklärung von mechanischen Größeneffekten und die Entwicklung von Strukturierungsmethoden für metallische Oberflächen, die zu neuen Eigenschaften führen.

Im Jahr 2011 hat sich die Juniorforschungsgruppe mit den folgenden Themen beschäftigt:

- *Plastizität in kleinen Dimensionen*: An vorverformten Nickel-Einkristallen wurde getestet, wie sich das Einbringen von Defekten auf die Mechanik von metallischen Mikro- und Nanostrukturen auswirkt. Zudem wurden Hochtemperatur-Mikrodruckversuche durchgeführt, um das temperaturabhängige Verformungsverhalten kubisch-raumzentrierter Metalle in kleinen Dimensionen zu untersuchen.
- *Strukturierung von metallischen Oberflächen*: Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie von AGENT-D konnte gezeigt werden, dass die mikrobiziden Eigenschaften von Kupferfolien durch eine Mikrostrukturierung verbessert werden können (Industriekooperation).
- *Schaltbare Formgedächtnisoberflächen*: In Zusammenarbeit mit dem Programmbereich *Funktionelle Oberflächen* wurden auf Basis des Indentations-induzierten Zwei-Wege-Effekts schaltbare Haftsyste me entwickelt. In weiteren Versuchen wurde die Auswirkung verschiedener Indentationsparameter getestet und die auftre-

tenden Verformungsmechanismen im Transmissions-elektronenmikroskop (TEM) analysiert.

- *Mechanik von Biomaterialien*: In Zusammenarbeit mit dem Programmbereich *Biomimetalisation* wurden skalenübergreifende Indentationsversuche an Perlmutter durchgeführt. Diese Experimente führten zu neuen Einblicken in die Struktur-Eigenschafts-Beziehung des natürlichen Materials.
- *Mechanische In-situ-Charakterisierung*: Um ein detailliertes Verständnis der Versagensmechanismen metallischer und biologischer Mikro- und Nanostrukturen zu erlangen, wurden mechanische Tests *in situ* im Elektronenmikroskop durchgeführt.

In Zukunft werden neben einkristallinen Mikro- und Nanostrukturen metallische Materialien mit einem nanostrukturierten Gefüge hergestellt und mechanisch charakterisiert. Diese Experimente sollen neue Konzepte für die Entwicklung von hochfesten und gleichzeitig zähen Werkstoffen aufzeigen. Ein weiteres Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit Legierungen, die eine B2-Kristallstruktur aufweisen. Hier werden durch mikromechanische Testverfahren neue Ansätze erforscht, um die Duktilität dieser Materialien zu erhöhen. Bei der Strukturierung von metallischen Oberflächen wird der Schwerpunkt in Zukunft auf der Zielrichtung Implantatmaterialien liegen. Durch eine gezielte Strukturierung der Oberfläche soll die Biokompatibilität bzw. die Bioaktivität von Implantaten verbessert werden. In Zusammenarbeit mit dem Programmbereich *CVD/Biooberflächen* sind grundlegende Untersuchungen geplant, die sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Mikrogefüge des Implantatmaterials und dem Zellwachstum beschäftigen.





Mission

The research in the Junior Research Group *Metallic Microstructures* is focused on the mechanical characterization of small-scale metal structures such as nanopillars, nanoparticles, and thin films. It is aimed at building a know-how base of mechanisms and functions of modern metallic materials, coatings and micro/nanotechnological devices. Besides, we develop new structuring techniques for metal surfaces in order to modify their properties. We also focus on the understanding of the structure-property relationship in hierarchically structured biomaterials.

Current research

In the following, various research projects are highlighted:

Influence of bulk pre-straining on the size effect in nickel micropillars (Figure 1)

In order to evaluate the influence of the initial dislocation structure on the size effect of small-scale metal structures, microcompression tests were performed on pillars which had been machined into pre-strained Ni bulk single crystals. The results showed that the influence of bulk pre-straining strongly depends on pillar size: pillars in the micron diameter range cut from heavily pre-strained bulk samples had elevated strength values, whereas the deformation history does not play a role for the stress-strain behavior of pillars with diameters below 1 μm . *In situ* TEM experiments showed that the different behavior of small and large pillars is related to a transition from an obstacle to a source controlled deformation mechanism.

Microbicidal properties of copper foils

Certain metals release ions in sufficient doses to induce antibacterial properties. Because the ions are formed in redox reactions at the surface, the effectiveness of the material against bacteria is strongly related to its surface to volume ratio. In order to enhance the microbicidal properties of Cu foils, different micro- and nanostructuring techniques were used to increase the surface area of the foils (Figure 2). In addition, the influence of an oxide layer on the ion release rate was evaluated. We demonstrated that, by structuring the Cu surface, the antibacterial effectiveness of the foils can be improved. In contrast, an oxide layer was shown to have a negative effect because it reduces the ion release rate significantly.

Mechanical characterization of biomaterials

In collaboration with the Program Division *Biomineralization*, we have conducted nanoindentation and microcompression tests on nacre from different sea shell species. These experiments demonstrated that the indentation hardness and Young's modulus are strongly related to the orientation of the nacre platelets. Nacre pillar compression tests in a dry environment showed a brittle behavior, independent of pillar size. In contrast, on submerged pillars we observed a significantly higher ductility. This indicates that the organic matrix between the nacre platelets and its wetting behavior are crucial for the good mechanical performance of the biomaterial.

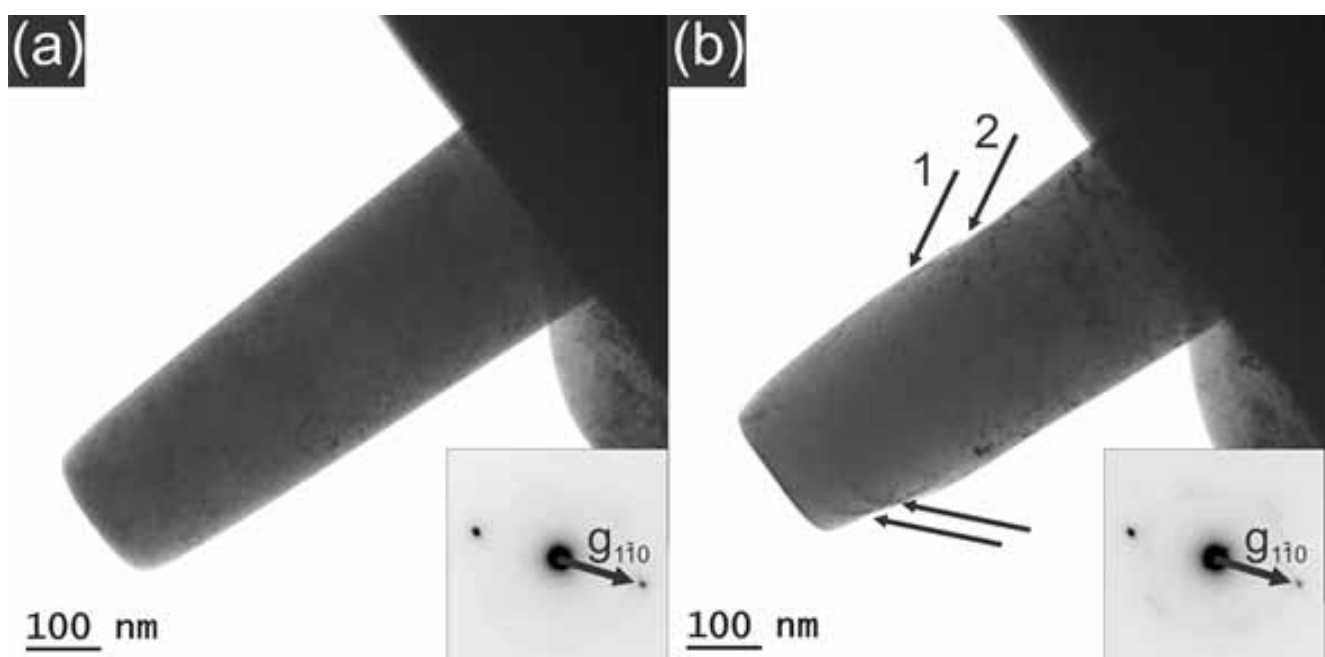


Figure 1: TEM images of undeformed (a) and (b) deformed Ni nanopillar.

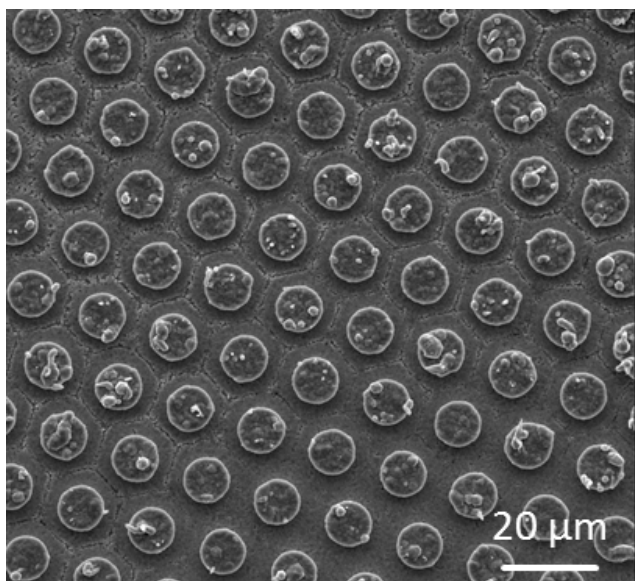


Figure 2: SEM image of a Cu foil structured by photolithography and electrodeposition.

Metallic shape memory surfaces

The indentation-induced two-way shape memory effect in NiTi was investigated in order to obtain a material with thermally switchable surface structures. Indentation tests were performed with systematic variation of indenter shape, distance between the indents and applied load over several orders of magnitude. The results showed that the deformation of the switchable structures strongly depends on the indentation parameters. In addition, focused ion beam assisted TEM investigations have demonstrated that the amount of stress-induced and stabilized martensite determines the size of the evolving structure.

Outlook

In 2012, the Junior Research Group *Metallic Microstructures* will continue to extend the research activities in the field of small-scale materials. Besides single crystalline metals, we will investigate materials with a complex internal nanostructure. In collaboration with Dr. Fei Wang from the Xi'an Jiaotong University in China, we will study the

effect of a free surface on the stress-driven grain growth in nanocrystalline metals. Experiments on nanotwinned copper and other metallic multilayers will be performed in order to understand the role of nanoscale interfaces in improving the ductility of high-strength materials. In addition, we will conduct micromechanical tests on alloys with a B2-type crystal structure. By analyzing the influence of sample size, test temperature and oxidation state on the micromechanical properties, we aim to develop new strategies for improving the ductility of these alloys.

In the field of micro- and nanopatterning of metal surfaces, the research activities in 2012 will focus on biomedical applications. Together with the Program Divisions *Biomineralization* and *CVD/Biosurfaces* metal surfaces will be structured to improve their biocompatibility and bioactivity. In particular, for the shaft of hip prosthesis we aim to develop structures which enhance the biomineralization of apatite and thus increase the integrity and longevity of the implanted prosthesis. For metallic implants materials which come into contact with soft tissue, the influence of the internal microstructure on cell viability and proliferation will be investigated. Surface properties such as hardness, roughness and wettability will be characterized as a function of grain size and then correlated to the behavior of the cells. Additional insights into the interactions of the cells and the underlying metal surface will be obtained by the advanced light and electron microscopy techniques of the new Program Division *Innovative Electron Microscopy* (starting in 2012).

By further investigating the two-way shape memory effect, the group is extending the work on switchable surface structures. In 2012, we will start experiments on magnetic shape memory materials and test their feasibility for magnetically switchable surfaces. In collaboration with Dr. Hervais Edongue from the University of Yaoundé in Cameroon we will extend the project on the microbicidal properties of Cu foils. In the next step of the project, the effectiveness of the foils will be tested under local conditions in Africa.



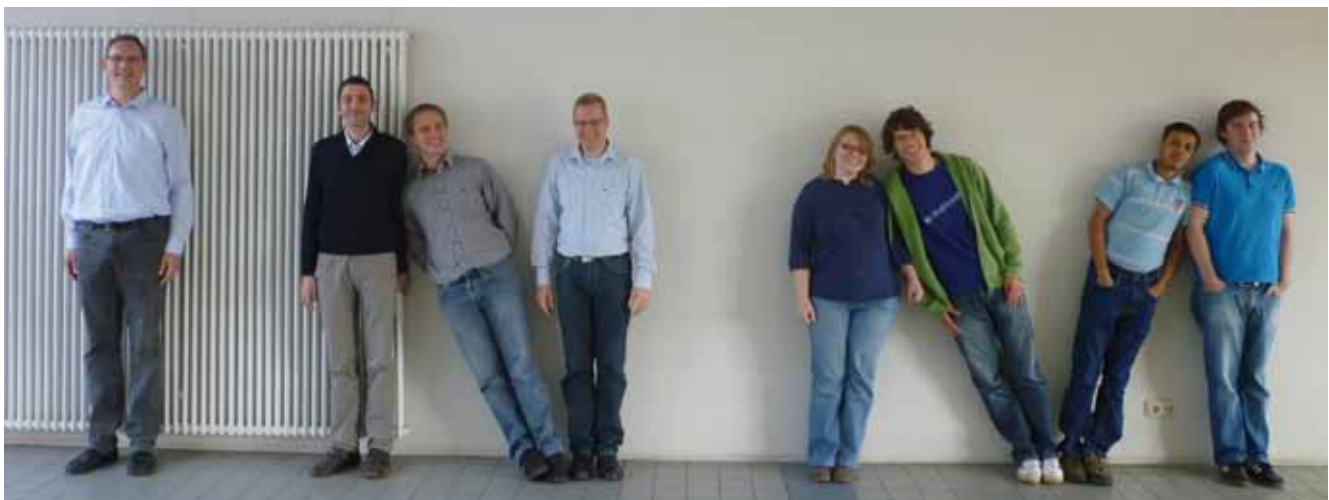
Der Programmbereich *Nanotribologie* erforscht mechanische Materialeigenschaften aus grundlagenorientierter Sichtweise und konzentriert sich dabei auf mikroskopische Mechanismen. Mit unseren Ergebnissen wollen wir zum Verständnis von Phänomenen wie Reibung, Verschleiß und Haftung sowie zur wissensbasierten Entwicklung neuer Materialien mit speziellen mechanischen Eigenschaften beitragen. Unsere experimentellen Projekte basieren auf unserer Expertise in der hochauflösenden Rasterkraftmikroskopie, die wir sowohl im Ultrahochvakuum als auch unter elektrochemischer Kontrolle einsetzen. Außerdem haben wir neue experimentelle Methoden entwickelt, um mechanische Eigenschaften insbesondere biologischer Materialien auf verschiedenen Längenskalen zu untersuchen.

Einige ausgewählte Beispiele verdeutlichen den Fortschritt im Jahr 2011:

- In hochauflösenden Reibungsmessungen auf Gold wurde gezeigt, dass der gleitende Kontakt bei tiefen Temperaturen immer weiter wächst, so dass es zu einer plastischen Verformung des Kontakts anstelle einer Gleitbewegung kommt. Daraus lässt sich schließen, dass die guten Reibeigenschaften bei Raumtemperatur nur durch die Diffusion von Goldatomen auf der Oberfläche zustande kommen.
- Graphen wurde als hervorragender Schmierstoff auf Siliciumcarbid-Kristallen bestätigt. Dabei konnte durch eine Kombination aus Nano- und Mikrotribologie gezeigt werden, dass trotz eines teilweisen Abriebs des Graphenfilms insbesondere die Umgebung von Substratstufen durch den verbleibenden Film geschmiert wird.

- Die Messung von atomaren Reibungsprozessen in einer elektrochemischen Zelle erlaubt es, gleichzeitig die Struktur und das Reibverhalten eines adsorbierten Films zu ermitteln. In unseren Experimenten konnten wir zum Beispiel zeigen, dass sich Sulfat-Ionen in einem Gleitkontakt eher ordnen als an der freien Oberfläche, wobei diese Ordnung zu einer erhöhten Reibung führt.
- Der im Programmbereich entwickelte Multiskalentester wurde zur Untersuchung von Reibung und Verschleiß auf der Oberfläche einer Miesmuschelschale eingesetzt. Das Periostracum, die schwarze Schicht auf der Muschel, zeigt bemerkenswert niedrige Reibwerte, wird aber ab einem gewissen Auflagedruck schnell zerstört.
- Als neue Aktivität wurden Reibung und Verschleiß auf metallischen Gläsern untersucht. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass in dieser Materialklasse eine besonders starke Abhängigkeit der tribologischen Ergebnisse von den Umgebungsbedingungen besteht.

Der Programmbereich *Nanotribologie* wird auch weiterhin mikroskopische Mechanismen von Reibung und Verschleiß untersuchen, um zu einem Verständnis der mechanischen Materialeigenschaften beizutragen. Ein Schwerpunkt der Arbeit wird auf Messungen der Temperaturabhängigkeit der Reibung auf Metallen und metallischen Gläsern liegen, wobei wir ein besonderes Augenmerk auf die Rolle der atomaren Diffusion richten werden. Die Kontrolle von Reibung durch elektrochemische Potentiale soll auf weiteren Materialien erprobt werden. In einer neuen Arbeitsrichtung wollen wir Oberflächen durch polymere Makromoleküle funktionalisieren und deren mikroskopische mechanische Anisotropie für tribologische Funktionen einsetzen.



Mission

The Program Division *Nanotribology* explores the mechanical properties of materials from a fundamental perspective with a focus on microscopic mechanisms. With our results we want to contribute to an understanding of phenomena such as friction, wear, or adhesion and to a rational design of novel materials with specific mechanical functions. Our experimental projects rely on our expertise in the field of high-resolution force microscopy, which we apply in ultra-high vacuum and electrochemical environments. Furthermore, we have developed new experimental methods for mechanical testing on different length scales. The methods and results of fundamental nanotribology are applied in collaborations, in particular within INM. Examples are joint projects with the Junior Research Group *Metallic Microstructures* on the mechanical properties of micrometer-scale pillars, with the Program Division *Biomaterialization* on friction and wear of biological materials, and with the Program Divisions *NMO* and *Nanomers* on wear phenomena on polymer composites.

The Program Division is also well-connected externally, for example with the University of Basel, Switzerland, and McGill University in Montreal, Canada. A particularly strong exchange of ideas and results is achieved through the BMBF-funded collaboration TIGeR with the Karlsruhe Institute of Technology, the IWM Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik, and Saarland University.

Current research

The following examples describe research results in 2011 which resulted in publications or conference presentations and are the basis for ongoing research projects:

Tribological tests of mollusc shells

Mollusc shells withstand very harsh environmental conditions. Breaking waves of salt water throw the shells against

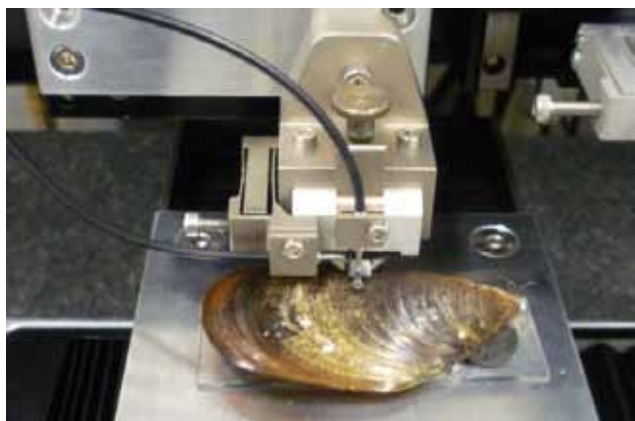


Figure 1: Tribological test on a mollusc shell.

sandy rocks thousands of times a day. While the hard shell is subject of many scientific studies, the black layer covering it – the periostracum – was not evaluated regarding its tribological stability. We employed our home-built multi-scale testing instrument (see Figure 1) and found surprisingly low friction coefficients of the order of 0.06 for the periostracum. However, the layer tends to fail after repeated sliding under normal pressures exceeding a threshold value.

Ageing of a microscopic sliding gold contact at low temperatures

Nanometer-scale friction measurements on gold surfaces were performed at temperatures between 30 K and 300 K by means of atomic force microscopy. Stable stick-slip friction with atomic periodicity was observed at all temperatures. Below 170 K, friction increased with time and a distortion of the stick-slip characteristic was observed. A comparison with molecular dynamics simulations indicates that plastic deformation within a growing gold junction leads to the observed frictional behavior at low temperatures. The regular stick-slip with atomic periodicity observed at room temperature is the result of a dynamic equilibrium shape of the contact. This dynamic behavior also leads to the healing of microscopic wear damage in the sliding contact. The results indicate an important role of atomic diffusion in the microscopic processes of metal friction.

Anion adsorption and atomic friction

The influence of anion adsorption on friction forces in an electrochemical environment were studied by means of lateral force microscopy. Sensitivity to atomic stick-slip motion revealed sulphate adsorption in ordered layers under the sliding tip at potentials lower than expected from cyclic voltammetry for the open surface. No ordered adsorption was found in lateral force measurements for the weakly adsorbed perchlorate anions. Correspondingly, some increase in friction in the anion adsorption regime was observed for sulphate but none for perchlorate adsorption. The results reflect the importance of specific anion adsorption for friction and reveal that the confinement of the sliding contact strongly influences the adsorption.

Molecular order and disorder in the frictional response of self-assembled monolayers

Molecular processes in the frictional response of a molecular monolayer were studied by means of high-resolution friction force microscopy. With increasing load, three regimes were observed on defect-free domains of the monolayer: smooth sliding with negligible friction, regular molecular stick-slip motion with increasing friction, and the onset of wear in the monolayer. The molecular contrast



in the lateral force even revealed in-equivalent molecules within the unit cell of a molecular superstructure. Significant differences in the frictional response were found between defect-free domains and areas including a domain boundary between areas of equal molecular orientation. Friction increased by an order of magnitude on domain boundaries in connection with irregular stick-slip motion. This increased friction at domain boundaries was observed at loads below the onset of wear. The results confirm the excellent lubrication properties of self-assembled molecular layers but stress the importance of molecular order for the lubricating function (Figure 2).

Outlook

The Program Division *Nanotribology* will continue to explore microscopic mechanisms of friction and wear in order to contribute to an understanding and design of new materials with tailored mechanical function. The INM-led TIGeR collaboration will evaluate the fascinating material graphene as lubricant on ultra-flat substrates. The atomic friction experiments will further explore the role of atomic diffusion and of electrochemical adsorbates. The research activities will be extended towards two new classes of materials: metallic glasses and surfaces functionalized by macromolecules.

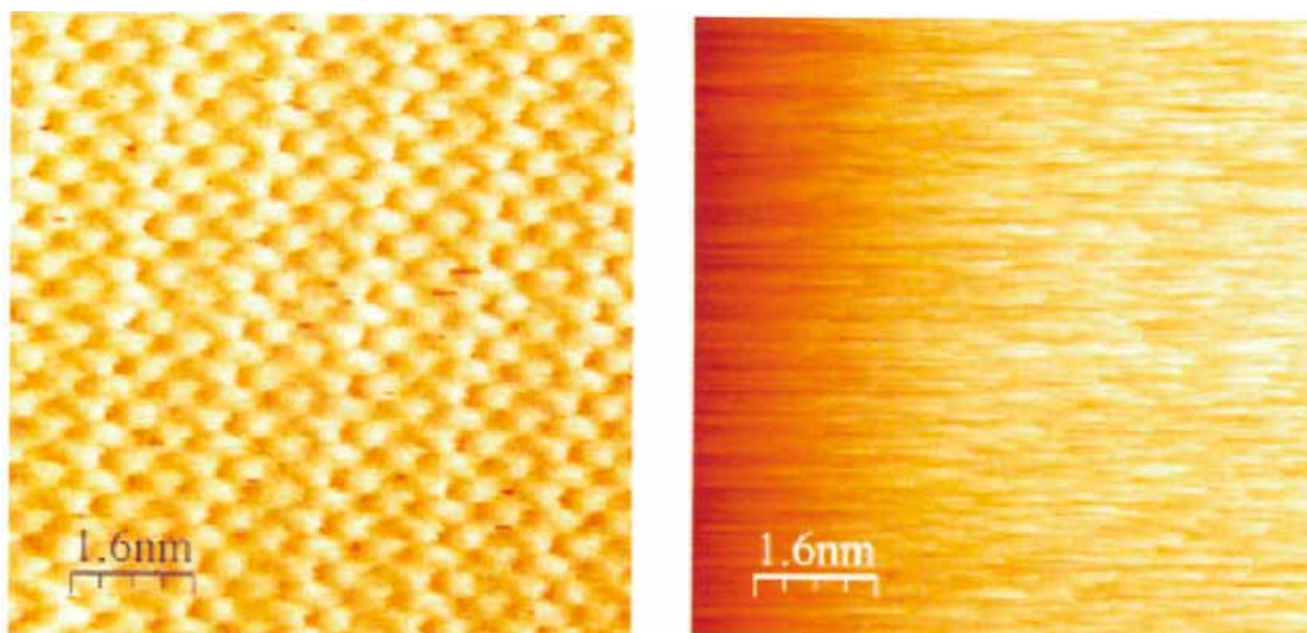


Figure 2: Molecular order and disorder in the frictional response of a self-assembled monolayer on a perfectly ordered area (left) and on a domain boundary between areas of equal molecular orientation (right). Note the stripe pattern in the friction response which reflects the molecular superstructure.

Strukturbildung auf kleinen Skalen - Structure Formation at Small Scales

Dr. Tobias Kraus

Die Juniorforschungsgruppe *Strukturbildung* beobachtet, untersucht und manipuliert die Anordnung von Partikeln in größere Strukturen. Prozesse, die zu geordneten Überstrukturen führen, und Strategien, mit denen die Morphologien eingestellt werden können, stehen im Zentrum unseres Interesses. Wir wenden sie zur Herstellung strukturierter Materialien mit verbesserten Eigenschaften an.

Unsere Gruppe verbindet Expertise in der Synthese und Modifikation von Partikeln, in Lichtstreuung und Mikroskopie mit spezialisierten Aufbauten und Methoden für die Abscheidung von Partikelfilmen und dreidimensionalen Anordnungen. Das erlaubt uns, Prozesse der Strukturbildung *in situ* abhängig von Partikel- und Prozesseigenschaften zu beobachten und die entstehenden Geometrien zu charakterisieren.

Um die Experimente zu interpretieren, bilden wir mit theoretisch orientierten Gruppen in Simulationen die Partikelanordnung nach. Wir nutzen die hergestellten Strukturen zusammen mit Gruppen, die an strukturierten Oberflächen und Materialien interessiert sind, beispielsweise, um biomimetische Haftstrukturen oder Partikelschichten mit bestimmten elektronischen Eigenschaften zu erhalten.

Das Jahr 2011 war geprägt von Arbeiten zur Anwendung früher entwickelter Partikelstrukturen. Besonders bemerkenswert waren folgende Projekte:

- *Mobilität und Interaktion bei der Anordnung von Partikeln*: Im letzten vollen Jahr dieses DFG-Projektes konnten wir zeigen, wann Partikel in Flüssigkeitsfilmen geordnete Schichten bilden und dass Nanopartikel sich nur anordnen können, wenn ihre Liganden sie genügend „schmieren“. In einem Mini-Symposium wurden die Ergebnisse mit Gästen diskutiert.

- *Synchrotronstreuung und Feldflussfraktionierung*: Messungen an Synchrotronen ergaben direkte Einblicke in den Anordnungsprozess von Nanopartikeln. Von der Feldflussfraktionierung erwarten wir uns zunehmend detaillierte analytische Informationen über Partikelgrößenverteilungen.
- *Nanopartikel in Haut*: In einer Zusammenarbeit erprobte die Gruppe um Jun.-Prof. Marc Schneider, Fachbereich Pharmazie der Universität des Saarlandes, wie sich in unserer Gruppe synthetisierte Partikel in Hautschichten bewegen können. Der Vergleich mit anderen Partikeln zeigte bemerkenswerte Unterschiede auf, die in mehreren Publikationen dargestellt wurden.
- *Oberflächenstrukturierung mit Partikeln*: Der Einsatz von Partikelanordnungen zur Oberflächenstrukturierung war ein Schwerpunkt des Jahres 2011 und wird in einem neu eingeworbenen Projekt zur Herstellung hierarchischer Gecko-Haftstrukturen im Schwerpunktprogramm 1420 der DFG, aber auch in anderen Projekten, fortgesetzt.

Neben den aktuellen Kooperationen hat die Übertragung unserer Ergebnisse auf Anwendungen und technische Systeme einen zunehmenden Stellenwert in der Gruppe. So wollen wir die Dichte und Qualität technischer Beschichtungen aus Nanopartikeln verbessern und planen dazu ein Projekt mit dem Programmbereich *Optische Materialien*.

Wir werden die Ergebnisse außerdem nutzen, um Partikel und Prozesse zu entwickeln, die gezielt in verschiedenen Morphologien abgeschieden werden können. So können Materialeigenschaften durch einfache Variationen bei der Prozessierung abgestimmt werden – in Zukunft vielleicht sogar nach der Materialsynthese während des Einsatzes.





Mission

The Junior Research Group *Structure Formation at Small Scales* observes, analyzes and manipulates the assembly of particles into larger structures. Processes that lead to regular particle superstructures and strategies to define their morphologies are in the center of our interest. We apply our insights to the fabrication of structured materials with improved functionality.

Our group combines expertise on particle synthesis and modification, light scattering techniques and microscopy methods with specialized setups and procedures for the deposition of particle films or three-dimensional assemblies. This combination allows us to screen broad ranges of process parameters and particle properties, analyze structure formation processes *in situ* and compare them with resulting geometries.

To understand the correlations observed in such experiments, we model the key mechanisms of assembly in collaboration with simulation groups. We exploit the resulting structures in collaboration with groups that are interested in structured surfaces and bulk materials, for example, to create biomimetic adhesion structures or structure bulk particle layers for improved electronic performance.

Current research

Several projects in 2011 aimed at the application of nanoparticle superstructures in patterning applications. Some noteworthy activities are briefly summarized here.

Mobility and interaction in nanoparticle assembly

We believe that the interplay between particle mobility and structure-directing interactions governs particle assembly processes. In a DFG-funded project that started in 2009, we quantify these two aspects both for sub-micron- and nanoparticles. The PhD student responsible for the project was able to show that even small particles can be assembled by convective flow in a process called “convective assembly” if the temperature is sufficient to cause strong convection that keeps the particles from moving out of their lattice position (Figure 1). He also showed that much smaller particles assemble into regular crystals only if their ligands give them enough mobility: some “lubrication” is needed for the particles to move into minimum energy positions. In a Bachelor thesis it was shown via light scattering that this is also true for dry films of nanoparticles: they can only move and crystallize if their ligands allow them to do so.



Figure 1 (top) and 2 (bottom): In 2011, the group organized a mini-symposium to discuss the science and technology of particle self-assembly with guests. One result presented there is shown above the photograph of the symposium: The figure shows the reconstructed trajectories of tracer particles in the convective assembly of 500-nm-diameter polystyrene spheres. The higher the temperature, the “smoother” is their trajectory.

A mini-symposium gave us the opportunity to share and discuss such results with a larger community and to nucleate further collaborations with the neighboring Saarland University. The one-day meeting brought together guests from the University with external visitors and our group at INM (Figure 2, see also our highlight article).

Synchrotron scattering and Field Flow Fractionation: a sharp eye on particles

Synchrotron small-angle X-ray scattering is a unique method for the analysis of nanoparticle shapes, interactions, and superstructures. The high flux of the synchrotron allows us to take snapshots of assembly processes. In 2011, the group performed multiple scattering experiments at the DESY synchrotron in Hamburg (DORIS III beam line) and at the European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble after beam time had been granted in a peer-reviewed selection process. The analysis of the data is ongoing, but preliminary results indicate that the dynamics of the assembly process and the process-dependent interaction potentials between the particles can be extracted.

Detailed analysis of particle and agglomerate sizes is also possible in-house using the new Field Flow Fractionation setup that separates particles and agglomerates of different sizes in a shear flow and has so far mainly been used for proteins and polymers. In 2011, the group intensified its collaboration with the manufacturer of such instruments, Wyatt Europe, to establish analytical protocols for

the analysis of particles and agglomeration studies inside the setup.

Nanoparticles in skin: collaboration with the Department of Pharmacy

A successful collaboration with Jun.-Prof. Marc Schneider at the Department of Pharmacy of Saarland University ended in 2011. We provided Prof. Schneider's group with gold nanoparticles that had been developed and characterized for structure formation projects (Figure 3). The pharmacists studied the penetration of such nanoparticles in the human skin and compared it with other particles' behavior. Results of this study were published in several publications in international scientific journals.

Surface structuring with particles

The Program Division *Functional Surfaces* and our group launched a joint project in the framework of DFG's priority program 1420 on the creation of three-dimensional polymer structures with multiple hierarchies (accepted by DFG in 2011). The aim of the project is to create biomimetic adhesion structures that mimic the multiple levels in the adhesion system of geckos which enable the animal to adhere to rough surfaces. The finest levels of this hierarchy will be created using particles as structure-defining element.

To create molds for such small structures, the group will profit from a collaboration with Prof. Nicolas Völcker that has been established in 2010 (then at Flinders University, Australia), an expert on the creation of nanoparticle-defined holes in silicon. In 2011, this collaboration led to a successful proposal to the Alexander von Humboldt-Foundation which will allow Prof. Völcker to visit INM in the future and further intensify the collaboration.

Outlook

Our new view on the role of ligands in particle mobility motivated us to synthesize identical nanoparticles with markedly different ligands and to compare their assembly behavior. A new PhD student will lead this effort. His work on bulk particle assembly will complement the activities on emulsion-based assemblies.

We will extend our collaborations to the application of nanoparticle assemblies. In addition to the hierarchical gecko structures, three-dimensional structuring of nanoparticle packings and nanoparticle-polymer composites for organic electronic will be a focus. Initial work together with the Program Division *Optical Materials* in 2011 will be extended towards optically and electrically active packings of particles with and without polymers.

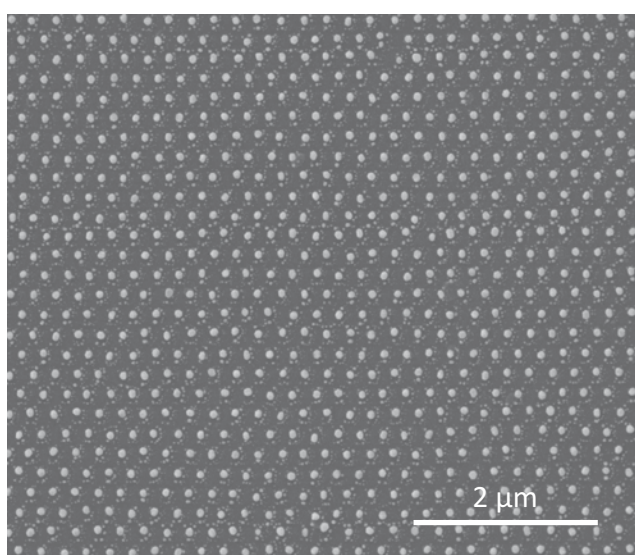


Figure 3: Monodispersed metal arrays are relevant in applications ranging from optical filters to adhesion surfaces. This electron micrograph shows a gold nanoparticle array created using a self-assembly process that allows us to tune spacing and material in wide ranges.



Ziel des Programmbereichs *Nano Zell Interaktionen* ist es, den Einfluss technisch erzeugter Nanomaterialien auf menschliche Zellen zu analysieren. Dabei spielt die gezielte Herstellung und Charakterisierung von Nanopartikeln aus anorganischen Materialien eine grundlegende Rolle. Anhand biochemischer Assays wird die zelluläre Antwort auf Anwesenheit der Partikel bestimmt. Ein Arbeitsschwerpunkt liegt auf der Lokalisation der Partikel in Zellen mit Hilfe der Konfokal- und der hochauflösenden STED-(Stimulated Emission Depletion) Mikroskopie. Daneben werden zelluläre Feinstrukturen mittels Fluoreszenzmarkierung sichtbar gemacht. Der Ansatz zielt darauf ab, die zelluläre Antwort mit der Lokalisation der Partikel und deren tatsächlichen Eigenschaften zu korrelieren und daraus Mechanismen abzuleiten, die für den Einfluss der Materialien auf zelluläre Systeme verantwortlich sind.

Die aktuellen Forschungsarbeiten befassen sich mit folgenden Themen:

- *Aufnahme und Lokalisation von SiO_2 -Nanopartikeln:* Es wurde gezeigt, dass 30 und 80 nm große Silika-Nanopartikel über einen endozytotischen Prozess in A549-Zellen (als Modell für humane Lungenepithelzellen) gelangen und in verschiedenartigen membrangebundenen Vesikeln vorliegen. Nach Aufnahme entsprechender Nanopartikel in Darmzellen (Caco-2) wurde keine Kolo-kalisation mit typischen Markern früher Endosomen (EEA-1) und Lysosomen (LAMP1) festgestellt.
- *Toxizität von SiO_2 -Nanopartikeln:* Die Auswirkungen der verwendeten SiO_2 -Partikel auf A549-Zellen wurden mit verschiedenen Endpunkten (Membranintegrität, Bildung reaktiver Sauerstoffspezies) getestet. Ein Effekt auf die Zellen wurde nur in Abwesenheit von Serum fest-

gestellt. Dies deutet auf die Rolle der Proteinkorona bei der Wirkung der Partikel hin. Die Arbeiten wurden im Rahmen des BMBF-Projektes „Mechanismen der Nanotoxizität durch modernste mikroskopische Methoden“ durchgeführt.

- *Einfluss nanoskaliger Kontrastmittel auf die Gesundheit:* Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundprojektes (NanoKon mit Partnern der Universität des Saarlandes (UdS), der Universität Mainz, den Firmen Sarastro und Nanogate) ist die Gruppe an der Entwicklung nanoskaliger Kontrastmittel beteiligt. Darüber hinaus haben erste Experimente an differenzierten Caco-2-Zellen gezeigt, dass die Partikel an der Zelloberfläche haften und aufgenommen werden. Arbeitsziel ist es auch, verlässliche Methoden zur Bestimmung des Endotoxingehaltes der Partikelpräparation zu entwickeln.
- *Intrazelluläre Verteilung von Gold-Nanopartikeln:* Mit Hilfe lichtmikroskopischer Techniken wird im Rahmen einer Doktorarbeit die Verteilung 3, 8 und 15 nm großer Gold-Nanopartikel in A549-Zellen relativ zum Mikrotubuli-Zytoskelett untersucht. Hierbei gibt es Hinweise auf ein von der Partikelgröße abhängiges Verteilungsmuster. Diese Arbeiten erfolgen in Kooperation mit Partnern der UdS zum „Intrazellulären Transport von Nanopartikeln: 3D Imaging und stochastische Modellierung“ (Ministerium für Wirtschaft und Wissenschaft, Saarland).

In Zukunft wird sich der Bereich verstärkt den direkten Wechselwirkungen zwischen Nanopartikeln und biologisch relevanten Molekülen wie Proteinen und Lipiden widmen. Unter anderem werden dazu die Zwei-Kanal-STED-Mikroskopie sowie korrelative Mikroskopieverfahren zum Einsatz kommen.



Mission

The interactions between cells of human origin and nanoobjects are subject of the Program Division *Nano Cell Interactions*. The aim is to elucidate mechanisms that account for these interactions and thus potentially cause toxicity of engineered nanoparticles. The preparation and characterization of nanoparticles composed of inorganic materials are fundamental for our investigations. By use of biochemical assays, reflecting the metabolic activity, the DNA integrity or the generation of reactive oxygen, the cellular response to the presence of nanoparticles is analyzed. One focus is on the localization of particles in living and fixed cells by application of microscopic techniques, in particular confocal and superresolution STED (Stimulated Emission Depletion) microscopy. STED allows to analyze the localization and state of nanoparticles, for example agglomeration. Beside the particles, cellular fine structures are visualized by fluorescence labeling. Overall, the investigations aim at correlating the cellular response with the localization of particles and their actual properties. This approach is special because of the close combination of biological, microscopic and material chemical know-how and techniques.

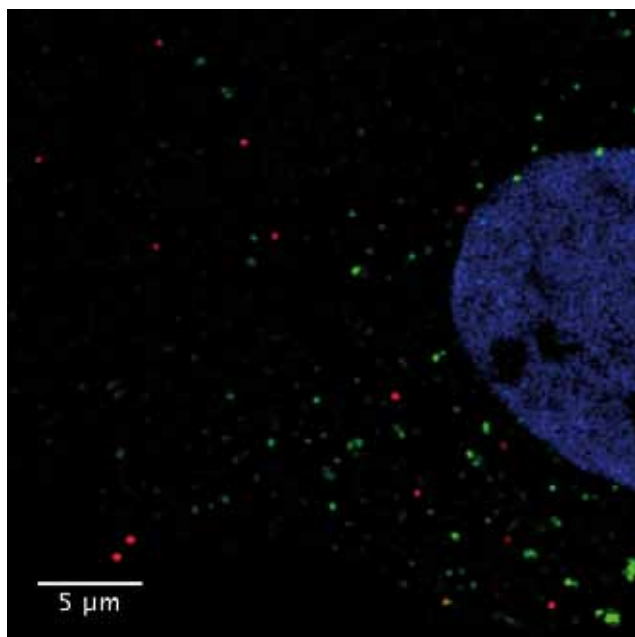


Figure 1: Caco-2 cells after 24 h incubation in presence of $1 \mu\text{g ml}^{-1}$ fluorescently labeled 80 nm/ SiO_2 particles (red). Endosomal marker EEA-1 (green), nuclear DNA (blue). Image contrast was enhanced for better visualization.

Current Research

Uptake and localization of SiO_2 nanoparticles

In 2011, the research focused on the localization and uptake of SiO_2 nanoparticles by cells (permanent cell-lines) derived from the human lung (A549) and the human intestine (Caco-2). In A549 cells, the uptake is an active process that does not seem to be mediated by caveolin or clathrin. The involvement of the actin cytoskeleton in uptake still has to be confirmed. After uptake, 30 and 80 nm SiO_2 nanoparticles are confined to vesicles of various types: endocytotic vesicles derived from the plasmic membrane, lysosomes, and lamellar bodies. The presence of particles in the latter vesicles presents a potential export pathway (Schumann et al., *J. Biophotonics*, 2012). In contrast, after uptake by Caco-2 cells similar particles do not colocalize with typical markers of early endosomes (EEA-1) and lysosomes (LAMP1) (Schübbe et al., *Chem. Mater.*, 2012) (Figure 1).

Toxicity of SiO_2 nanoparticles

The toxicity of various types of SiO_2 nanoparticles has been tested using several end points. After incubation in presence of up to $200 \mu\text{g SiO}_2 \text{ ml}^{-1}$ (unlabeled particles prepared at INM) and 10% serum, no membrane damage was detected using the lactate dehydrogenase assay. By use of DCF fluorescence as indicator, no generation of reactive oxygen species was observed. These results will be verified by further analyses. In absence of serum, 30 nm particles at $200 \mu\text{g SiO}_2 \text{ ml}^{-1}$ induced membrane damage. This effect was abolished by addition of low serum concentrations, indicating the role of the proteins covering the particle surface after addition.

The investigations on SiO_2 particles have been performed in frame of the project „Mechanisms of nanotoxicity by modern microscopic methods“ (BMBF, FKZ 03X0063) that was completed in 2011.

Impact of contrast agents

Topic of the NanoKon project is the systematic evaluation of the impact of nanostructured contrast agents on health. This project is a collaboration with partners of UdS, University of Mainz and the companies Sarastro and Nanogate in frame of the NanoCare initiative (BMBF, FKZ 03X0100C). The Program Division *Nano Cell Interactions* is involved in the development of nanoparticles suitable as contrast agents as well as in investigations on their interactions with cells. As an important milestone, Caco-2 cells were differentiated to model small intestinal enterocytes. First experiments using fluorescently labeled nanoparticles indicate that the particles adhere to the cell surface and are



also internalized. In addition, the endotoxin content of the particle suspensions is determined. Various particle types are used to evaluate mechanisms of nanoparticle interference with endotoxin assays (Figure 2).

Cellular distribution of gold nanoparticles

Gold nanoparticles are relevant for various technical applications, e.g. catalysis, as well as the biomedical sector. In frame of a collaboration with partners from Saarland University named "Intracellular transport of nanoparticles: 3D-Imaging and stochastic modeling" funded by Ministerium für Wirtschaft und Wissenschaft, Saarland, they serve as a model to investigate the effects of engineered nanoparticles related to size. Gold nanoparticles of 3, 8 and 15 nm are used to study their distribution compared to microtubules, which are known to be involved in vesicle transport. Analysis by STED and confocal microscopy indicate a differing accumulation pattern of gold NP inside A549 cells depending on nanoparticle diameter. Cell-based assays (WST-1, BrdU) reveal that exposure of A549 cells to $20 \mu\text{g Au ml}^{-1}$, but not to $0.02 \mu\text{g Au ml}^{-1}$ results in a decreased proliferation and cell viability.

In respect to particle synthesis, the group closely collaborates with the Junior Research Group *Structure Formation*. Regarding the effect of silver nanoparticles on human cells, the group also collaborates with the Service Group *Analytics* and the new Program Division *Innovative Electron Microscopy*.

Outlook

In future studies, the investigations will focus on direct interactions between nanoparticles and biologically relevant molecules like proteins and lipids. Furthermore, live-cell experiments will reveal characteristics of the intracellular particle transport. For these analyses, dual-color STED microscopy will be established and applied, in addition to correlative microscopy techniques. Toxicity studies will focus on processes like apoptosis, generation of reactive oxygen species and induction of cytokines in order to evaluate the impact of various species of particulate SiO_2 as well as other materials.

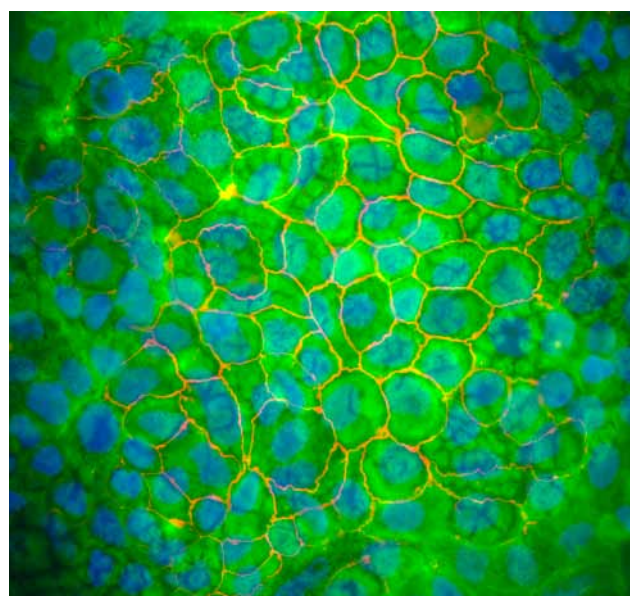
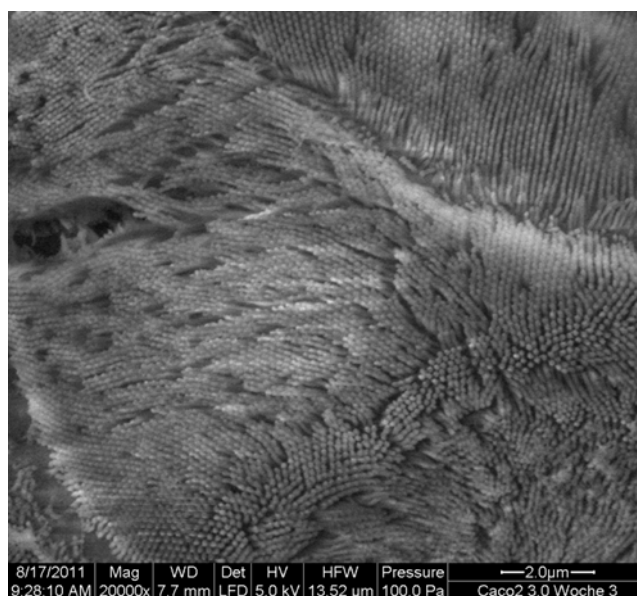


Figure 2: Microvilli (scanning electron micrograph, left) and tight junctions (red, confocal image, right, additional structures: actin cytoskeleton, green; nuclei, blue) on the surface of a differentiated Caco-2 monolayer.

Der Programmbereich *Biom mineralisation* untersucht, wie Organismen es schaffen, komplexe Kompositmaterialien aufzubauen. Die Erforschung natürlicher Ressourcen, die im Laufe der Evolution in vielfältiger Hinsicht optimiert wurden, ist für eine nachhaltige Produktionskette, basierend auf natürlichen Biopolymeren, interessant. Deshalb verfolgen wir gleichzeitig zur Analyse von Struktur-Funktionsbeziehungen neuartige Ansätze zur Gewinnung von natürlichen Rohstoffen durch Biotechnologie. Ziel ist es, diese Rohstoffe bereits in den verwendeten Zellen und Organismen mit besonders günstigen funktionellen Eigenschaften auszustatten. Wir erwarten von den damit erzeugten neuen Materialien verbesserte Eigenschaften, insbesondere in Bezug auf die Gewebeverträglichkeit im Organismus sowie in Bezug auf allgemeine Stoffkreisläufe in der Umwelt. Wir studieren anhand verschiedener Modellsysteme (Bakterien, Pilze, Pflanzen, Tiere) unterschiedlichste Aspekte, um daraus alternative Basis-Konzepte für neue Materialien ableiten zu können.

Im Jahr 2011 standen folgende Zielsetzungen und Ergebnisse im Mittelpunkt:

- *Struktur-Proteine der Biom mineralisation*: Wir konnten Proteine, die die Bildung von Mineralkristallen beeinflussen, biotechnologisch herstellen und haben deren Wirkungsweise untersucht.
- *Pfauen-Feder und F-Keratin*: Wir nutzten unsere gewonnenen Erkenntnisse über den hierarchischen Aufbau des

Kieles von Pfauenfedern zur vertieften Analyse der Polymer-Eigenschaften des Feder-Keratins.

- *Extrazelluläre Matrix*: Glycosyltransferasen, die in der Lage sind, harte, UV-resistente und korrosionsbeständige Materialien wie beispielsweise Chitin zu synthetisieren, sind von großem Interesse für neuartige, biokompatible Beschichtungen. Wir untersuchten derartige Enzyme im Modellorganismus *Dictyostelium discoideum*.
- Zum Thema *Perlmutter* untersuchten wir in Zusammenarbeit mit der Juniorforschungsgruppe *Metallische Mikrostrukturen*, wie sich lichtoptische Verfahren in Kombination mit mikro- und nanomechanischen Testmethoden besser nutzen lassen. So können wir die Grenzfläche zwischen mineralabscheidenden Zellen und hierarchisch strukturiertem Perlmutter, einem Paradebeispiel für Biocomposite, dynamisch verfolgen.

Unser wichtigstes Ziel ist es, zelluläre Prozesse an der Grenzfläche zum synthetisierten Material von der Nano-Skala bis hin zum makroskopischen Objekt zu charakterisieren. Wir gewinnen damit entscheidende Einsichten in sowohl vorteilhafte als auch lethale Interaktionen. Mit biotechnologischen Verfahren wollen wir ressourcenschonender im Einklang mit natürlichen Stoffkreisläufen zu neuen Wertschöpfungsketten gelangen. Die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse aus der Biologie implementieren wir direkt in die Materialwissenschaft; diesem Ziel dient auch die Task Force *Biogene Materialien*.





Mission

The Program Division *Biomineralization* investigates how organisms manage to fabricate complex composite materials. Scientific knowledge about natural resources and their optimization during evolution is important for future sustainable production routes based on structural biopolymers. For this reason, we develop new analytical tools and approaches for studying structure-function relationships, which are relevant for making progress towards producing resources with desirable properties based on biotechnological engineering.

Our goal is to modify the raw materials in a useful way by taking advantage of cells and tissues to fabricate multifunctional composites bottom-up by means of enzymes. We expect these materials to be extraordinarily biocompatible and environmentally sustainable. We use various model organisms such as bacteria, fungi, plants and animals in different aspects, in order to develop alternative basic concepts for new functional materials from our knowledge base.

Current Research

Extracellular matrix – a starting point for composite materials

The extracellular matrix of living cells is relevant for materials science, mainly for two reasons: First, it can be a material of its own; prominent examples are wood, bone, insect carapaces and ceramic sea shells. Secondly, the extracellular matrix determines how the tissues in our body respond to man-made materials on different length scales; this is of particular importance for improving implant materials.

We created a *Dictyostelium* model system for studying the formation of extracellular matrices in our laboratory (Schönitzer et al., BBRC 2011, 415:586-590). We target one specific class of enzymes, namely glycosyltransferases, which are located directly at the interface between the inside and the outside of living cells. Chitin synthases are one prominent example (Figure 1). They produce extremely hard and tough composites, which can obtain additional functions such as UV-resistance, structural colors or transparency. They have extraordinary potential to serve in the production of biocompatible coatings by subsequent biosynthetic routes. By studying basic mechanisms, we identify key parameters on the molecular scale. The identified key molecules will either be used directly for new biocompatible coatings or relevant interfacial properties can be transferred into convincing strategies based on conventional polymer- and nanoparticle-based production routes.

Structural proteins involved in biomineralization

Biomineralization is a well-coordinated process in both animals and plants. The controlled formation of most common biomineral types requires structural proteins and carbohydrate scaffolds. We achieved the recrystallization of a biomineral directly in the plant tissue, while observing the process in real time using LC-PolScope (Figure 2) birefringence analysis (Bauer et al., Plant Science 2011, 180:746-756). Such high-throughput screening tools are indispensable when designing custom proteins and peptides for the interaction with minerals and crystals.

Peacock feathers and F-keratin

Using thermal activation analysis by temperature changes and stress relaxation, we obtained for the F-keratin an activation enthalpy of 1.78 ± 0.89 eV and an activation volume of 0.83 ± 0.13 nm³. Thus, breaking of electrostatic bonds is responsible for plasticity in feather keratin (Weiss et al., J. Exp. Zool. 2011, 315:266-273). The biosynthesis rate of the tail feathers is, in fact, comparable to the remodeling of bone (Weiss & Kirchner, JMBBM 2011, 4:733-743). Our ongoing efforts aim at transferring the molecular details of this extraordinary biological material to new design strategies for biocompatible, thermostable polymers.

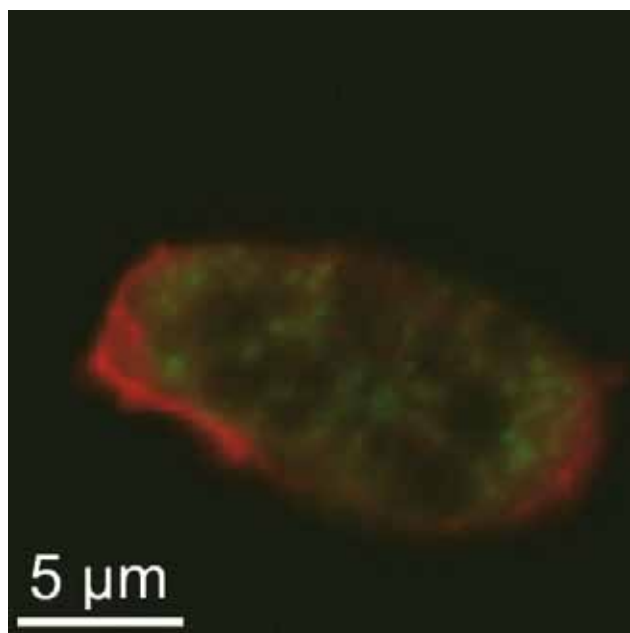


Figure 1: This image shows a confocal laser scanning micrograph of a slime mold cell. The green signal indicates that this cell line produces a chitin synthesizing enzyme which is related to the biosynthesis of nacre. We also study the influence of mechanical signals transduced via the cytoskeleton (red signal, actin label). The cell line shown here (see also Schönitzer et al., BBRC 2011, 415:586–590) will be used to develop new concepts for biomimetic design of mineral composites.

In situ methods for dynamic characterization of biomineral composites

We have a strong interest in investigating the tissue-mineral interface in both natural systems and implant materials while new mineral is deposited and transformed (Weiss, Nat. Chem. Biol. 2011, 7:192-193). In collaboration with the Junior Research Group *Metallic Microstructures* we apply conventional light-optical methods combined with advanced micro- and nanomechanical instruments. We interpret our data with respect to the growth mechanisms of nacre. Our methods will be developed further in order to accommodate high-throughput analysis of specimens from clinical case-studies.

Outlook

We study bio-cellular processes at the interface to synthetic and biosynthetic materials. Our multi-scale concepts allow us to gain decisive insights into advantageous as well as harmful interactions. We search for alternative production routes via integrated bio-engineering. We are considerate about the limitation of natural resources. Therefore, we target sustainable value creation chains in view of future demands for functionality, durability and recycling of materials.

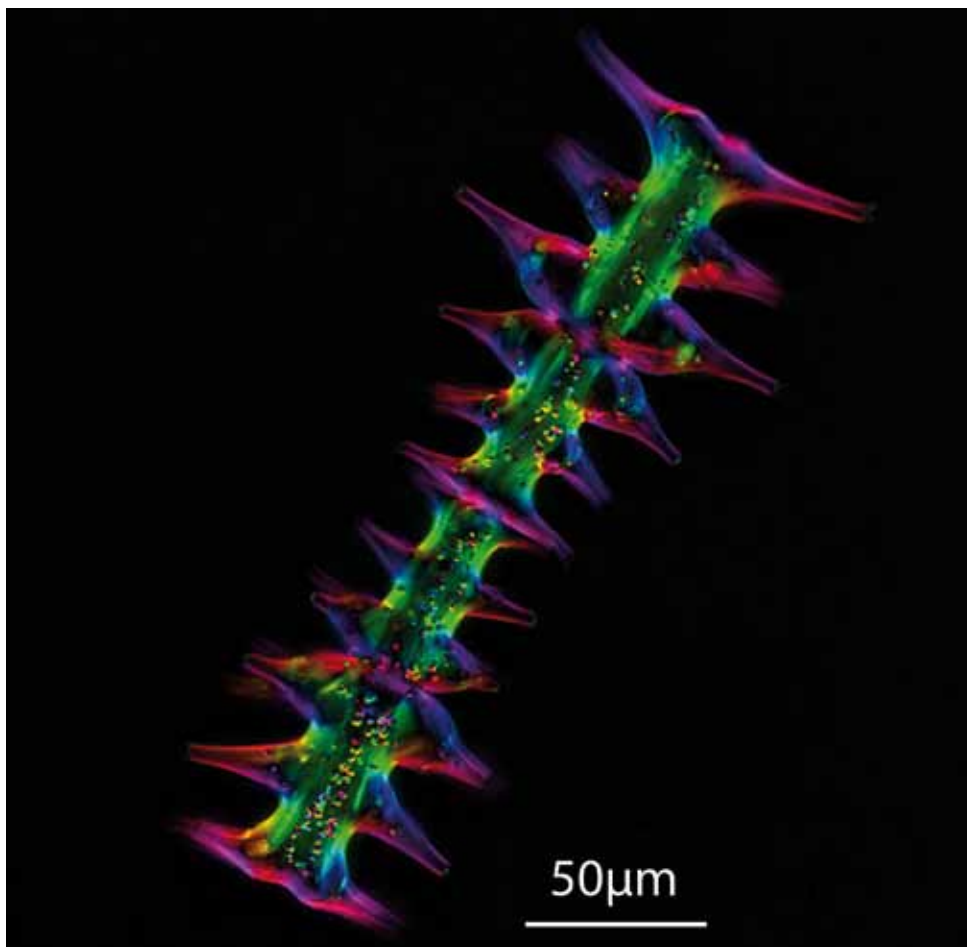


Figure 2: The LC-PolScope image shows a green alga (*Micrasterias muricata*, Desmidiaceae) during cell division. This quantitative light-optical technique is suitable to analyze the relevance of ordered cell wall polymers and inorganic crystals for the mechanical properties of living plant architectures. M. Eder received with this picture the third prize in the national picture contest "Nanotechnology" hold by AGeNT-D, cc-NanoBioNet und CeNTech.



Der Programmbereich *CVD/Biooberflächen* erforscht Design und Herstellung neuer nanophasier Werkstoffe für funktionale Anwendungen in der Medizin, z. B. für Implantate. Dabei stellt sich die zentrale Frage, wie Zellen mit nanostrukturierten Oberflächen interagieren. Diese Oberflächen werden über Abscheidungsverfahren aus der Gasphase hergestellt, so dass auch gleichförmige und dichte Keramik- oder Kermet-Schichten erzeugt werden können. Solche Schichten mit definierter Phasenzusammensetzung, Schichtdicke und guter Haftung auf Metallen und Polymeren können ebenfalls als Biowerkstoffe verwendet werden. Das Konzept basiert auf der Herstellung besonderer Single-Source-Precursoren. Weitere laser- und plasma-unterstützte Verfahren ermöglichen neue Strategien für die Herstellung von funktionellen Nanomaterialien.

2011 konzentrierte sich die interdisziplinäre Forschung des Programmbereichs u. a. auf:

- *Oberflächen für verbesserte Osseointegration und Osteoinduktion bei orthopädischen und dentalen Implantaten:* Größe, Verteilung und Geometrie von Oberflächenmerkmalen von nanostrukturierten keramischen Oberflächen haben signifikanten Einfluss auf die Osseodifferenzierung.
- *Modifizierung von Oberflächen bei Gefäßimplantaten und der Entwicklung von PVT-Sensoren:* Der Programmbereich koordiniert ein neues, EU-gefördertes Projekt zur Entwicklung eines magnetischen Sensors zur frühzeitigen Diagnose von Herzklappenthrombosen (*prosthetic valve thrombosis* PVT). Blutplättchen zeigen eine redu-

zierte Haftung auf nanostrukturierten DLC-Oberflächen (diamond like carbon). Die Oberflächen besitzen eine verbesserte Endothelialisierung.

- *Kombiniertes Abscheidungsverfahren zur Herstellung nanokristalliner biokeramischer Dünnschichten:* Die Kombination aus Laserverdampfen (PLD), Elektronenstrahlverdampfen und thermischer Abscheidung (Knudsenzelle) führt zu bioinerten, bioresorbierbaren oder bioaktiven Materialien.
- *Multifunktionelle Oberflächen mit dem PECVD-Verfahren:* In Zusammenarbeit mit einem Industriepartner zeigen bei Raumtemperatur hergestellte glasartige Schichten auf Polymeren gute Kratzfestigkeit und langzeitbeständige Farbeffekte auch unter UV-Belastung und Bewitterung.

2012 wird der Programmbereich die Aktivitäten zu Design und Herstellung neuer nanophasier Materialien für Implantate, insbesondere für orthopädische, dentale und Gefäßimplantate, erweitern. Dabei wird ein interdisziplinärer Ansatz zum Verständnis der neuen Nanobiomaterialien und deren Anwendungen verfolgt. Zusätzlich zu den bestehenden Kooperationen sind *in-vivo*-Untersuchungen zusammen mit medizinischen Instituten der Universitätsklinik des Saarlandes geplant. In die INM-internen Kooperationen mit der Juniorforschungsgruppe *Metallische Mikrostrukturen* sowie den Programmbereichen *Innovative Elektronenmikroskopie* und *Nanomere* bringt der Programmbereich seine Erfahrungen auf dem Gebiet der Implantatoberflächen ein.



Mission

The research activities of the Program Division *CVD/Bio-surfaces* are focused on the design and synthesis of new nanophase materials for functional applications, e.g. for implants and other medical devices. Main attention is given to investigating and understanding the interaction between nanostructured surfaces and cells. Vapor deposition methods are used for the preparation of nanostructured as well as uniform and dense nanophase ceramic and cermet coatings with well-controlled phase composition, film thickness and high bond strength to metal and polymer based biomaterials. Our concept is based on single source precursor synthesis. In addition, the use of laser and plasma assisted deposition methods brings up new strategies for the synthesis of functional nanomaterials.

Current research

In 2011, the Program Division carried out various interdisciplinary research activities, some of which are highlighted below:

Surfaces for enhanced osseointegration and osteoinduction

Replacement of missing or diseased hard tissues (teeth and bone) has been accepted as a normal procedure in medicine. For a successful implantation, orthopedic or dental implants should enhance bone contact or bone anchorage, denoted as osseointegration. We developed micro- and nanostructured alumina coatings by chemical vapor deposition which improve osseointegration. Advanced image analysis methods were used to correlate the surface area, porosity and volume of structures with cell responses (Figure 1) in a collaboration with the Department of Trauma, Hand- and Reconstructive Surgery of Saarland University Hospital. Synthesized surfaces were further functionalized for anti-bacterial activity in addition to osseointegration (in collaboration with the Clinic of Operative Dentistry, Periodontology and Preventive Dentistry). In addition, we demonstrated osteogenic differentiation by the topography (gradient surfaces) in collaboration with Flinders University, Australia.

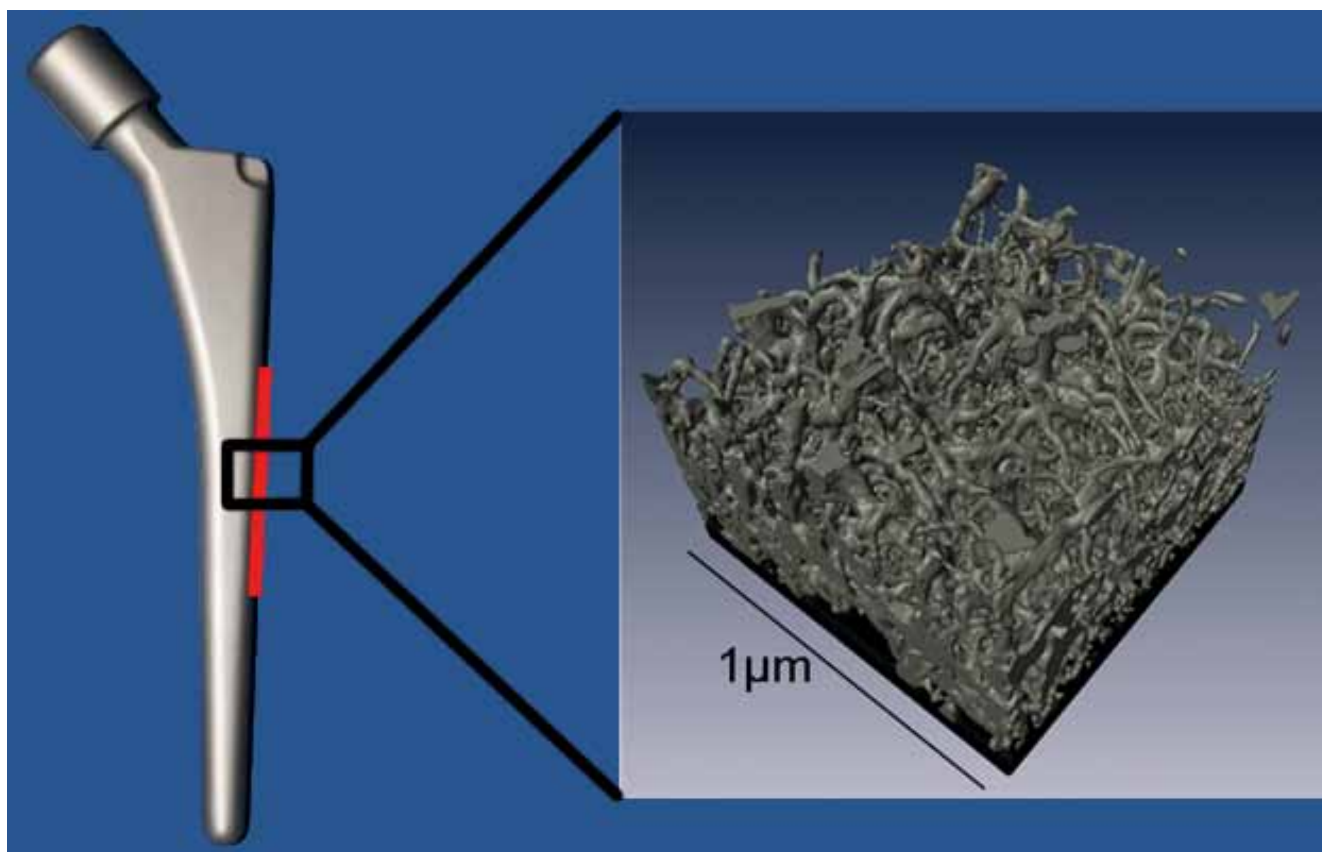


Figure 1: 3D reconstructed (FIB/SEM) model of developed nanoporous surfaces for hip-joint implants.



Surface modification of vascular implants and PVT sensor development

Prosthetic valve thrombosis (PVT) is one of the main reasons of mechanical heart valve failure. Its early detection is crucial but still difficult. Our group started coordinating an EU funded project (*HeartSEN*) which merges expertise in the field of bio-surfaces, paediatric cardiology and laser technology. Our preliminary results showed that heart valves coated with diamond like carbon (DLC) thin films decrease platelet activation. The realization of these promising results will be studied in *ex vivo* and *in vivo* models. Our studies concentrate on the development of a magnetic sensor (Figure 2) which detects the failure of PVT at very early stages.

Nanocrystalline biomedical thin films by hybrid deposition system

We developed a hybrid thin film deposition system which combines PLD (Pulsed Laser Deposition), electron beam evaporation and thermal (Knudsen-Cell) deposition to restore complex stoichiometry and to produce crystalline and adherent bioinert, bioresorbable and bioactive thin films. In addition this new approach allowed ultra-precise control of the deposition thickness. We have successfully shown the synthesis of ultra thin metallic or ceramic films on spine cages for improving their X-ray visibility and biocompatibility. The group started the synthesis of hydroxyapatite (HA) and bioactive glass thin films.

Multi-functional surfaces by PECVD

Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD) is an advanced alternative for depositing a variety of thin films at lower temperatures, even at room temperature. In collaboration with an industrial partner we developed glass like coatings on a polymer surface at room temperature by PECVD. These coatings exhibit scratch resistance and a stable color effect (against UV exposure and weathering) which are interesting for various applications including packaging (cosmetics and pharmacy) and decoration. Additionally, we have shown that such surfaces can be bacteria-retarding with a controlled wetting behavior.

Outlook

In 2012, the Program Division *CVD/Biosurfaces* plans to extend its activities to the synthesis of new nanophase materials for various implants. In this context, we aim at following an interdisciplinary approach to understanding, investigating and applying new nano-biomaterials. Main atten-

tion will be given to the orthopedic, dental and vascular implants. In addition to current collaborations, we foresee *in vivo* experiments with the Institute for Clinical and Experimental Surgery and the Institute of Clinical Haemostaseology and Transfusion Medicine of Saarland University. In addition, we will work together with the Junior Research Group *Metallic Microstructures* and the Program Division *Innovative Electron Microscopy* to build up new surfaces based on our previous experience in implant surfaces.

Our group plans to open up a totally new theme which covers the synthesis of polymer/ceramic nanocomposite coatings by co-evaporation and co-sputtering processes. This approach will lead to mimicking natural biomaterials which are mostly composed of inorganic and organic constituents. This work will be in collaboration with the Program Division *Nanomers*, Christian-Albrecht University zu Kiel and Case Western Reserve University, Cleveland, USA.

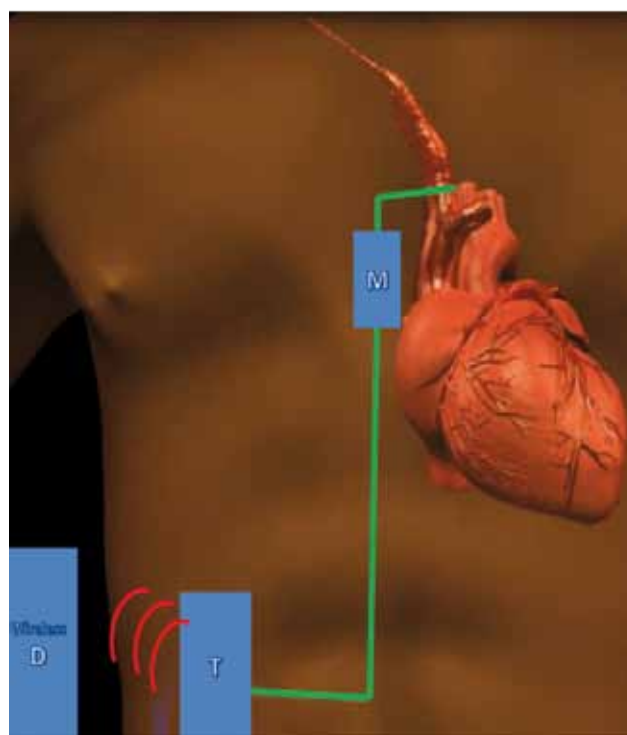


Figure 2: Sensor design for PVT detection (M: Magnetic sensor, T: Transponder and D: Wireless detector).

Im Programmbereich *Nanoprotect* werden zur Entwicklung innovativer Materialien die drei Basiskomponenten Nanopartikel, Oberflächenmodifikatoren und Bindemittel gezielt miteinander kombiniert. Ergänzt durch kommerziell verfügbare Einzelkomponenten lassen sich auf diese Weise Materialkonzepte mit breitem Anwendungspotential realisieren.

Aktuelle Arbeiten legen den Schwerpunkt auf die beiden innovativsten und attraktivsten Themenbereiche. Dies sind zum einen Arbeiten im Themenbereich *Gedruckte Elektronik* und zum andern im Themenfeld *Bioaktive Oberflächenmodifikatoren*.

- Im Bereich *Gedruckte Elektronik* wurde das EU-Projekt PrimeBits 2011 offiziell abgeschlossen. In dem Projekt konnten druckbare WORM (write-once-read-many-times)-Speichereinheiten erfolgreich entwickelt werden.
- Im Jahr 2011 wurde im Themenfeld *Gedruckte Elektronik* außerdem eine Promotion zum Thema „Herstellung und Charakterisierung dielektrischer und ferroelektrischer Komposite“ erfolgreich abgeschlossen, in deren Verlauf eine neue Messmethode etabliert wurde. Mit Hilfe dieses Verfahrens konnten Grundlagenuntersuchungen durchgeführt werden, die in mehreren referierten Zeitschriften veröffentlicht wurden.
- Die Task Force Biogene Materialien hat im Jahr 2011 ihre Arbeiten fortgesetzt. Es wurde ein Konzept ausgearbeitet, das neue Ansatzpunkte liefert, biogene Materialien bei der Material- und Werkstoffentwicklung einzubeziehen. Es wurden drei Forschungszweige identifiziert, in denen experimentelle Erfahrungen gesammelt werden sollen. Die Verwendung biogener Mineralien bei der Herstellung keramischer Nanopartikel und Kompositmaterialien lässt am schnellsten aussage-

kräftige Ergebnisse erwarten. Bioinspirierte Verfahren kombiniert mit Selbstorganisationsprozessen stellen die attraktiveren, aber auch zeitaufwändigeren und risikoreicheren Ansätze dar.

- Im Berichtszeitraum wurde das DFG-Projekt „Wechselwirkung modifizierter Nanopartikel mit Erythrozyten zur Toxizitätsabschätzung und Anwendung bei Infektionskrankheiten“ in Kooperation mit der Universität Tübingen fortgesetzt. Es gelang, mehrere in der Biologie genutzte Kopplungsverfahren durch erstmals synthetisierte Precursoren zu etablieren. Diese bilden die Basis für gezielte Oberflächenmodifikationen im dritten Projektjahr. Beim Projektpartner durchgeführte Untersuchungen an Trypanosomen belegen das Potential der bioaktiv modifizierten Nanopartikel. Speziell modifizierte Nanopartikel lösen bei Trypanosomen brucei – dem Auslöser der afrikanischen Schlafkrankheit – Autophagie aus.

Aufgrund struktureller Überlegungen wurde der Programmbereich *Nanoprotect* Ende 2011 aufgelöst. Der Themenkomplex *Korrosionsschutz* wird mit dem Korrosionsbereich des Programmbereichs *Nanomere* vereint. Das Themenfeld *Gedruckte Elektronik* wird in den Themenbereich *Gedruckte Elektronik* des Programmbereichs *Optische Materialien* und der Bereich *Binder und Nanoadditive* als anwendungsnaher Bereich in das Portfolio des Anwendungszentrums *NMO* überführt. Schließlich wird das Themenfeld *Bioaktive Oberflächenmodifikatoren* den Programmbereich *Biomineralisation* mit einem zusätzlichen bioorganischen Synthesezweig ergänzen. In diesem Kontext sollen die Rechercheergebnisse aus dem Abschlussbericht der Task Force *Biogene Materialien* in die Synthesepanungen einfließen und auf die Synthese artifizierlicher Mineralisationstemplate abzielen.



Mission

The primary focus of the Program Division *Nanoprotect* is on the investigation of novel inorganic, organic and hybrid nanocomposite materials. In this context, the three independent components – nanoparticles, matrix forming binders and surface modifiers – are combined to make new nanocomposites with innovative properties. In 2010, special attention was given to the development of processing pathways for the assembly of special functional particulate structures for printable electronics. The project of synthesizing bioactive surface modifiers for nanoparticles completed the activities.

Current Research

In 2011, the focus was on the areas with the most innovative and attractive potential. These were the field of printed electronics and the field of bioactive surface modifiers. Furthermore, the task force *Biogenic Materials* was continued in 2011.

DFG project

A DFG project in cooperation with the University of Tübingen was also continued from 2010. The topic of the project is the development of nanoparticles with bioactive surface modifiers and an investigation of their interaction with biological systems. INM developed special sialic acid derivatives as bioactive surface modifiers. Various sialic acid α -ketosides could be synthesized in the report period (Figure 1). As aglycon moiety sulfur containing substances with pharmacological potential were used. Furthermore, azido-sialic acid derivatives were synthesized and successfully tested as precursors for the so-called click-chemistry. In addition to the click-chemistry, other coupling techniques were tested for the covalent immobilization of bioactive compounds on surfaces.

In Tübingen, the interactions of the modified nanoparticles with the membrane of erythrocytes and with the flagellar pocket of *Trypanosoma brucei* were explored. Special modified nanoparticles induce autophagy in *Trypanosoma brucei*.

PriMeBits

The EU project PriMeBits was officially completed in 2011. PriMeBits successfully achieved the development of printable WORM (write-once-read-many-times) memory devices. From the beginning, the development of printable FRAM (ferroelectric random-access memory) memory cells was considered as the more challenging part of the project. Thus, the developed materials, processes and components as well as the extensive new findings with respect to FRAM composites are regarded as a substantial contribution to the project and to research, although the

necessary retention properties for an operative memory device could not be realized so far.

In 2011, the work on the PriMeBits related publications was continued and the corresponding PhD thesis of Tobias Lehnert was finalized and defended successfully.

Preparation and characterization of dielectric and ferroelectric composites

The PhD work was aimed at low temperature processable ferroelectric materials on flexible, temperature sensitive substrates. A printable dielectric composite on a polymer substrate could be realized, exhibiting a dielectric constant of 183. The printable dielectric composite consisted of ferroelectric particles embedded in a dielectric polymer.

In this work, a ferroelectric polarization of such particulate ferroelectric composites could be realized for the first time. A new measurement setup permitted to reveal the dependencies, which govern the ferroelectric polarization of such composites. Up to now, instability of the ferroelectric polarization in such composites has been observed. The mixing rule seems to play a central role in the ferroelectric polarization of such composites and provides the basis for future work.

Task Force Biogenic Materials

The work of the task force Biogenic Materials was continued in 2011. A report was written about the results of the investigations on potential and limitations of biogenic materials generated via biomineralization. An in-

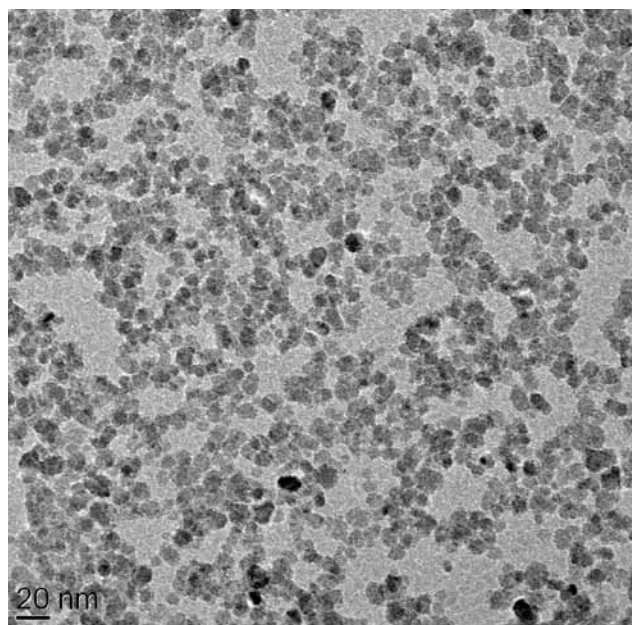


Figure 1: TEM picture of Fe_2O_3 -nanoparticles with a surface modification from sialic acid-ketosides.

terdisciplinary team of biochemists, chemists, material scientists and physicists from the Program Divisions *Biomineralization*, *Functional Surfaces*, *Optical Materials*, *Nanoprotect*, the Junior Research Group *Structure Formation at Small Scales* and the Service Group *Analytics* highlighted various aspects for the transfer of biogenic or bioinspired materials to the engineering of new materials (Figure 2). For further information, see also our highlight article in this report.

Outlook

At the end of 2011, the Program Division *Nanoprotect* was terminated for structural reasons. The area *corrosion protection* will be unified with the corrosion area in the Program Division *Nanomers*. The area *printed electronics* will be integrated in the research area printed electronics of the Program Division *Optical Materials*. The area

Nanobinder and Nanoadditives will be transferred to the potential product range of the application center *NMO*. Finally the area *bioactive surface modifiers* will complete the Program Division *Biomineralization* with the domain bioorganic and particle synthesis. In this context, the results from the report of the task force *Biogenic Materials* will be used for planning in artificial template synthesis.

The DFG project in cooperation with the University of Tübingen will be continued in the Program Division *Biomineralization*. The development of bioactive surface modifiers for physicochemical and biochemical modifications of drugs and nanoparticles will be intensified. The utilization of these features should serve to arrange nanoparticles and surfaces with pharmacodynamic and medical properties like drug targeting or improved biocompatibility.



Figure 2: Formation of nacre in mollusc shells.



Der Programmbereich *Nanomere* befasst sich mit der Materialentwicklung im Bereich der Komposit- und Nanokompositmaterialien. Dabei werden partikuläre, funktionelle Additive im Submikrometer- und Nanometerbereich verwendet, um in organischen Polymermatrizes sowie anorganisch-organischen Hybridpolymeren neue Werkstoffeigenschaften zu erzeugen. Erzielbare Funktionen sind Gleitreibungsminderung und Kontrolle von Reibung, Korrosionsschutz oder Abriebfestigkeit gepaart mit Transparenz und Barrierewirkung gegen Materietransport.

Die Forschungsthemen des Programmbereichs *Nanomere* werden sowohl in grundlegenden Studien, als auch in anwendungsorientierten Industrieprojekten bearbeitet. Im Jahr 2011 standen folgende Arbeiten im Mittelpunkt:

- *Funktionelle Schichten*: Im Rahmen eines Industrieprojektes wurden hochstrukturierte Kompositmaterialien entwickelt, die auf Metallsubstraten unter korrosiven Bedingungen eine gute Haftung und exzellente Barrierewirkung gegenüber korrosiven Substanzen hervorrufen (Patentanmeldung).
- *Nanopartikel und Tribologie*: Es gelang die Entwicklung feinstrukturierter tribologischer Schichten, in denen durch Zusatz eines tribologisch nicht wirksamen, partikulären Additivs in einem Beschichtungssystem mit Festkörperschmierstoffen eine nanoskopische Feinstrukturierung entsteht. Dies bewirkt eine zusätzliche Absenkung des Gleitreibungskoeffizienten hin zu Gleitreibungswerten im Bereich einer hydrodynamischen Schmierung, ähnlich einer Fettschmierung.

- *Elektrische Isolationsschichten für Transformatoranwendungen*: In diesem Industrieprojekt kommen defektdefinierte Nanopartikel zum Einsatz, über welche im Falle von Wechselspannungen elektrische Überspannungen dissipiert werden. Damit verbessert sich die Lebensdauer derartiger Isolationsbeschichtungen um einen Faktor > 100.
- *EU-Projekt CuVito*: In diesem Projekt werden neue Synthesemethoden erarbeitet, um mittels chemischer Vorstufen aus mexikanischen Kupfererzen metallische Kupfernanoartikel herzustellen, die in mikrobiziden Beschichtungssystemen zum Einsatz kommen sollen.

Im Bereich der sogenannten *Gradientenmaterialien* sind im Jahre 2011 die Forschungsarbeiten soweit vorangetrieben worden, dass voraussichtlich im Jahr 2012 die Etablierung einer neuen Technologieplattform zum Thema „Änderung des Benetzungsverhaltens innerer Oberflächen poröser Systeme“ möglich sein sollte. Im Rahmen der Arbeiten zum Thema „smarte kompakte Kompositmaterialien“ werden die Untersuchungen zur Erzeugung transluzenter Barrierefolien über Compoundierungsverfahren weitergeführt. Weiterhin soll der weltweit zu beobachtende Trend hin zu lösungsmittelarmen Systemen aufgegriffen und Arbeiten zur Entwicklung von Nanokomposit-Pulverlacken sowie wasserbasierten und 100% UV-härtbaren Systemen vorangetrieben werden. Insbesondere zum letzten Punkt sollen die Erkenntnisse aus dem BMBF-Projekt *Nanocure* in die Weiterentwicklung photoaktiver Systeme auf Basis von Halbleiternanopartikeln aufgegriffen und optimiert werden.



Mission

The Program Division *Nanomers* deals mainly with the development of materials based on polymer matrix composites and the use of nano- and sub-micrometer-particles for materials design and as reinforcement additives in polymer-type and hybrid matrices. Furthermore, special interfacial effects play an important role in the design of properties for composite materials and thus, they are key issues for their fundamental understanding. The particles are either prepared *in situ* in a matrix precursor during the materials synthesis or in a separate synthesis step as a dispersion which is mixed subsequently with the matrix material. The dispersion step usually follows a wet chemical solvent approach or a melt mixing compounding technique.

In addition, the technique of tailored surface modification of the (nano)particles is a core competence of the Program Division. Moreover, the distribution of the particles is determined in liquid and in solid matrix to identify appropriate structure-property relations in the composites in relation to the interaction at the particle matrix interface. Thus, materials are developed which can be used as multifunctional surface coatings or intelligent bulk materials. Functionalities range from low friction properties and control of friction to corrosion protection or wear resistance combined with transparency and barrier properties.

Current Research

The research topics of the Program Division *Nanomers* are covered by fundamental studies as well as by application-driven industry-projects.

Functional protective layers

In the area of *Functional Coatings*, highly structured composite materials, showing excellent adhesion and diffusion barrier against corrosive substances on metal substrates, were developed in the framework of an industrial project. For the underlying structure and the corresponding active principle, an appropriate patent application was filed.

In the area of *Nanoparticles and Tribology*, finely structured tribological coating layers were successfully developed. These systems possess a particular morphology in which the addition of a non-tribological additive to a low friction coating system with a solid state lubricant in a polymer matrix resulted in a further reduction of the coefficient of friction compared to the reference coating. Surprisingly, the coefficient of friction was comparable to values usually corresponding to hydrodynamic friction using oil or grease as lubricants. The active principle of these types of coatings will be subject of further investigations.

Functional nanoparticles

Furthermore, an industry-project on electrical insulation layers for power transformer applications is performed. The key issue of the project is the use of doped, defect

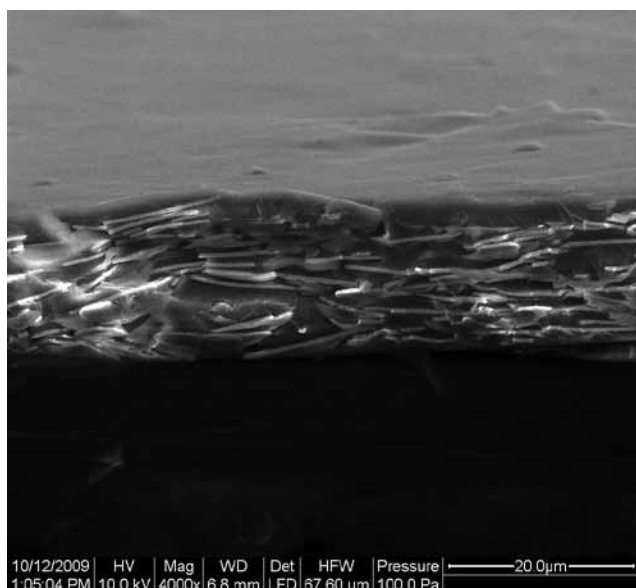


Figure 1: SE micrograph of a cross section of a highly structured composite for protection of metal surfaces.



determined nanoparticles, which are able to dissipate electrical surge and eliminate electrical discharge phenomena and thus improve the lifetime of the insulating layer by a factor > 100 .

Within the framework of the EU project *CuVito*, new synthesis methods for metallic copper nanoparticles are developed based on mineral precursors from the Mexican mining industry. They are planned to be used as active component in antimicrobial coatings.

Both projects will be continued in 2012.

Outlook

In the area of *Gradient Materials*, the research and development activities have advanced to an extent that

will allow the establishment of a new technology platform providing new materials to tailor the wetting behavior of the internal surface of porous systems. This is of interest for many practical applications. For the topic *Smart Composites*, the research will be driven towards translucent barrier foils for the packaging industry that are produced by compounding techniques. Furthermore, we will follow the worldwide trend towards the use of solvent free coating systems and develop nanocomposite based powder coatings as well as 100 % UV-curable systems. Especially in the latter topic, the results from the BMBF project *Nanocure*, i.e., the specialized photoactive systems based on semiconductor nanoparticles, will be taken up and optimized.



Figure 2: Coating combining tribological, abrasion resistant and corrosion protective function.

Der Programmbereich *Optische Materialien* beschäftigt sich mit Synthese-, Applikations- und Strukturierungstechniken zur Erzeugung strukturierter Oberflächen, Beschichtungen und Materialien mit besonderen optischen und elektrischen Eigenschaften. Die Grundlagenforschung war auf „Energy Materials“ fokussiert, also Materialien, die zur Gewinnung von Energie genutzt werden. Die Werkstoffe sind nach der Funktionalität klassifiziert für Energiegewinnung, -transport, -speicherung und -effizienzerhöhung. Wichtige Forschungsergebnisse 2011 waren:

- *Reflexionsvermindernde Schichten (AR)*: Um den Brechungsindex einer Schicht abzusenken, kann z.B. ihre Porosität erhöht werden. Dies kann durch Applikation von MgF_2 -Schichten auf nasschemischem Weg erreicht werden. Dazu wurde ein MgF_2 -Sol durch Umsetzung von Magnesiummethanolat mit Trifluoressigsäure hergestellt, welches mit etwas Polymer vermischt wird, um die Benetzung zu verbessern. Die mittlere Transmission im Wellenlängenbereich 380-1000 nm ist 97,2% für MgF_2 -Polymer-Schichten und 93,5% für MgF_2 -Polymer-TEOS-Schichten. Die Kratzfestigkeit im Bleistifttest liegt für MgF_2 -Polymer-Schichten bei 6B und für MgF_2 -Polymer-TEOS Schichten bei B. Die Erhöhung der Kratzfestigkeit wird Ziel einer Weiterentwicklung sein.
- *Glasartige Barriere- bzw. Sperrschicht zwischen Stahlsubstrat und CIGS-Dünnschichtsolarzelle (Copper-Indium-Gallium-Selenide)*: Diese elektrisch isolierende Sperrschicht wurde optimiert, um die Dotierung mit Natrium zu erreichen und eine Ionendiffusion vom Substrat in die aktive Schicht zu verhindern, was monolithische Verschaltungen ermöglicht. Die Anforderungen Subst-

ratglättung, Isolation, Diffusionsbarriere und Natrium-dotierung wurden erfüllt, im Bereich Haftung und Temperaturstabilität sind weitere Optimierungen nötig.

- *PbO-haltige Siebdruckpaste*: In Zusammenarbeit mit dem Bundeskriminalamt wurden zur Herstellung von simulierten Schmauchspuren Siebdruckpasten entwickelt. Die gedruckten Muster werden für Ringtests zwischen akkreditierten Kriminaltechniklaboren verwendet.
- *Poröse Einsicht-Antireflexbeschichtung mit photokatalytischem Effekt*: Poröse Dünnschichten, die SiO_2 - und TiO_2 -Partikel enthalten, zeigen neben einem AR-Effekt auch einen zusätzlichen „easy to clean“-Effekt.
- *In-line Charakterisierung von Nanopartikeln*: Im EU-FP7 Projekt *In-Sight* sollen neue Instrumente zur Echtzeitverfolgung von Parametern wie Partikelgröße, -form und -mobilität entwickelt werden. Das INM arbeitet hier bei der Versorgung mit Nanopartikeln und der Validierung der Geräte mit.
- *Semiautomatische Ontologiegenerierung*: In diesem Leibniz-SAW-Projekt leistete das INM seinen Beitrag zur Weiterentwicklung der Nanotechnologie-Ontologie mit 7388 Klassen und 51 Relationen.

Im Jahr 2009 wurden ein Konzept und eine Strategie für die Entwicklung von Materialien für die Photovoltaik erstellt. 2010 zeigten die ersten Ergebnisse der Studie, dass der Programmbereich *Optische Materialien* sich auf Effizienzerhöhung der Photovoltaik fokussieren sollte. Aber er muss auch strategisch im Feld Energiegewinnung (Solarenergie) agieren, damit das INM bis 2015 eine Lösung für eine gedruckte Solarzelle präsentieren kann.





Mission

In 2011, the Program Division *Optical Materials* focused its fundamental research activities mainly on the development of materials and techniques to increase the efficiency of solar cells. The research of the Program Division continues the work on the development of materials and methods for applications such as materials for antireflective coating (AR), micro-patterning, silver micro-patterned and ion barrier coatings for CIGS (copper-indium-gallium-selenide) thin solar cells, which started in 2010.

Current Research

The highlights of this development are:

Antireflective coatings (AR)

The objective was to develop a film with a refractive index close to 1.22 as a single layer AR-coating on a glass substrate via a sol-gel process. Optimization of the sol system was required to fulfill the specifications for the wetting and the scratch resistance of the obtained films. The coating formulation was based on MgF_2 sol, which was produced by a wet chemical method (sol-gel). Polymer and TEOS were added to the MgF_2 sol separately in order to study their influence on the AR-effect and the scratch resistance of the coating on glass substrates. The AR-single layer was coated by dip coating and tempered at 400 °C for 30 min. The average transmittance in the wavelength range from 380 to 1000 nm was 97.21 % for MgF_2 -polymer coating and 93.50 % for MgF_2 -polymer-TEOS coating. Pencil tests showed that the scratch resistance was 6B for MgF_2 -polymer coating and B for MgF_2 -polymer-TEOS coating.

New glass-like sol-gel systems as barrier coating for CIGS solar cells

To improve the properties of the known glass-like sol-gel coatings composed of tetraethoxysilane, methyltriethoxysilane and sodium, they were modified with potassium, calcium and magnesium for an application as barrier coating in CIGS solar cells. Based on the experiences of a previous BMBF project, the variations of the base system, applied on metal foil at 500 to 600 °C in air or nitrogen were analyzed with regard to electrical insulation, corrosion protection, surface roughness, diffusion barrier and the function as a sodium donor for the molybdenum layer of the CIGS cell. It was found that the new coatings can increase the hardness while remaining flexible, act as a barrier coating and a sodium donor and, in addition, protect the metal foil from corrosion.

Simulation of gunshot residue patterns by screen printing

In the framework of a project with the Federal Criminal Agency (BKA), we report on developments of PbO-con-

taining screen printing pastes in order to simulate gunshot residue (GSR) patterns to perform a round robin test for accredited laboratories (Figure 1.) The screen printing method allows the reproducible production of mostly identical simulated GSR pattern in any quantity. The best results were obtained with a paste consisting of 1.5 vol% PbO in a tuned PVP/terpineol matrix. The visualization of the printed fabric samples by an acetic acid-rhodizonate test method showed GSR pattern distribution in a comparable quality to the original GSR patterns. Especially for shooting distances from 30 cm upwards, the original and the simulation GSR distribution matched excellently.

Up-scaling of porous single layer antireflective coating with a photocatalytic effect

It is known that a porous SiO_2 film has an antireflective effect in a broad wavelength range between 380 and 1200 nm. This effect can be used to improve the efficiency of solar cell panels. Beside the AR-effect, it is desirable to achieve an additional “easy to clean” effect. In this work, the effect of TiO_2 nanoparticles in the porous SiO_2 matrix regarding transmittance and photocatalytic properties was studied. It was shown that the average transmittance of a glass substrate can be increased from 89.96 % to 95.55 % for a pure porous SiO_2 AR-film in the wavelength range of 380-1200 nm. After the addition of 0.6 weight % of TiO_2 nanoparticles, the average transmittance was decreased down to 94.18 %. It was found that, for TiO_2 nanoparticle increases to 0.3 weight %, the average transmittance decreased to the acceptable value of 95.17 % while maintaining the photocatalytic effect (Figure 2).

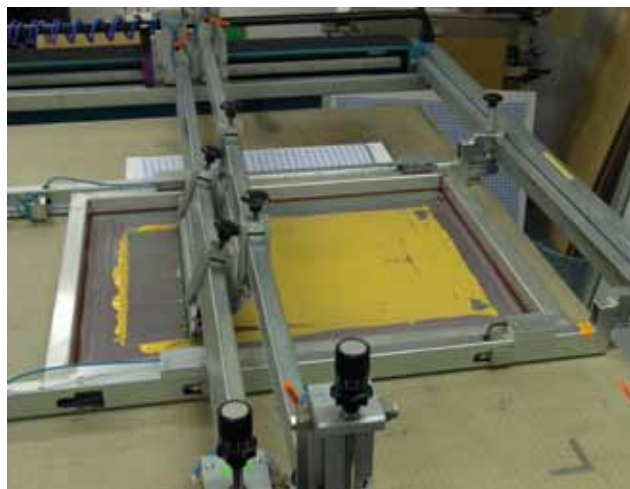


Figure 1: Screen printing of GSR patterns on a fabric sample using a PbO containing paste.

Semiautomatic ontology generation – a contribution to knowledge sharing in nanotechnology

In this project, ontology in the field of nanochemistry was set up in collaboration with three partners (FIZ Karlsruhe, AIFB Karlsruhe and ccNanoChem/NanoBioNet e.V.). The ontology consists of 7388 classes; 2512 of these classes represent properties, 2850 processes, 1172 materials, 398 devices and 456 auxiliary classes. Furthermore, 51 relations have been introduced, 42 of them can be used for annotations and 9 of them only exist between classes within the ontology in order to structure it. The automatic annotation is capable of detecting 26 of the relations within a text but the recall ratio varies between 0 and 92%.

In-line characterization of nanoparticles using a combination of analytical techniques in real-time

In order to reduce the recognized problems of the availability of techniques and tools for real time characterization

on the nanoscale level, the EU-FP7 project *In-Sight* aims at developing novel tools for real time monitoring of nanoparticle characteristics during nanomaterial manufacturing. The intended instruments target at the development of new tools for real time monitoring and characterization of parameters like counting and sizing, shape and mobility as well as chemical composition and structure. INM is involved by supporting nanoparticles as well as in the validation of the novel tools.

Outlook

New strategies for the focus of the research fields as well as for the improvement of the selected research topics have been formulated. *Energy materials* for printed solar cells combined with display technology are the fundamental research area of interest also for 2012 with the aim to present a new technology for printed solar cells.

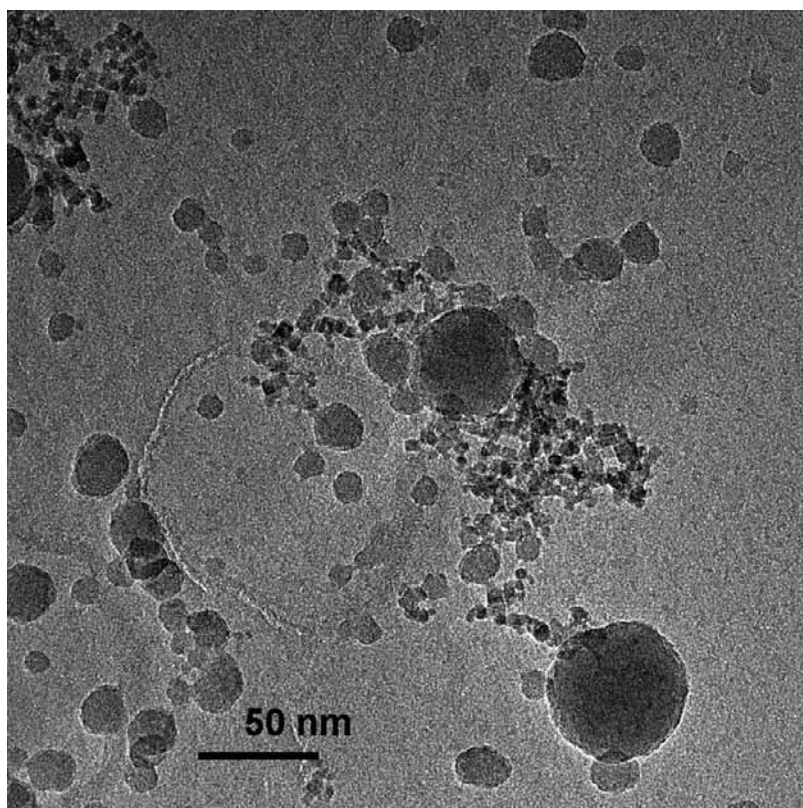


Figure 2: TEM micrograph shows the distribution of SiO_2 (15-50 nm) and TiO_2 nanoparticles (2-5 nm).



Dieser Programmbereich ist noch im personellen Aufbau begriffen. Seine Aufgabe ist die Unterstützung der anderen Programmbereiche durch die Erstellung von Modellen und Simulationen. Zukünftig soll er auch verstärkt eigene Forschungsprojekte betreiben – in Abhängigkeit von den Forschungsinteressen der Mitarbeiter des Programmbereichs.

Im Jahr 2011 wurde eine Reihe von Forschungsprojekten mit Bezug auf aktuelle INM-Forschungsthemen bearbeitet:

- **Nanopartikel-Neuron-Interaktionen:** In einer Studie untersuchten wir den Einfluss Nanopartikel-induzierter Diversifikationen einzelner Zellen auf die Antwort neuronaler Systeme. Dabei wurde die Dynamik der neuronalen Reaktion mit und ohne die Einwirkung von beschichteten Silbernanopartikeln auf diverse Thalamuszellen betrachtet. Erste Ergebnisse zeigten unter anderem, dass Nanopartikel im Kontakt mit Zellen eines neuronalen Systems als Neuromodulatoren wirken und die Netzwerkaktivität großer neuronaler Populationen beeinflussen. Dies ist bedeutsam für das Verständnis von möglichen Nutzen und Risiken, wenn neuronale Strukturen Nanopartikeln ausgesetzt werden.
- **Tribologische Modellierung:** Wir entwickelten ein künstliches neuronales Netzwerk, das sehr genaue Voraussagen des Reibungskoeffizienten und des Abriebs von PPS-Kompositen bei tribologischen Tests erlauben sollte. Des Weiteren haben wir untersucht, wie sich zusätzliche Parameter, d. h. bestimmte mechanische und thermomechanische Eigenschaften, auf die Voraussagegenauigkeit unseres Netzwerks auswirken. Damit konnte eine im Vergleich zu anderen Studien verbesserte Voraussagequalität erreicht werden.
- **Adhäsion:** Es wurden Modelle für die Adhäsion zwischen einer steifen, glatten und einer nachgiebigen fibrillär

sphärischen Oberfläche entwickelt, die die Simulation von Experimenten zur Bestimmung der Abzugskräfte ermöglichen. Diese Modelle ermöglichen die physikalische Untersuchung der Adhäsion zwischen solchen Oberflächen. Ein interessantes Ergebnis ist die Aufklärung einer Bistabilität der Adhäsion in Abhängigkeit von der Stärke des aufgebrachten Druckes. In einer Doktorarbeit werden Finite-Element-Modelle für den Einfluss von Strukturparametern auf die Adhäsion von Gecko-Strukturen entwickelt (Kooperation mit Programmbereich *Funktionelle Oberflächen*).

- **Zellmechanik:** Im Bereich der Zellmechanik haben wir ein Modell für die Kontraktilität, die Umbildung des Zytoskeletts und die Adhäsion in biologischen Zellen entwickelt, das diese an Protein-kontrollierte Signale koppelt, die als Antwort auf mechanische Stimulierung der Ligamente entstehen, an die wiederum die Zellen angebunden sind.

Folgende Themen werden aus heutiger Sicht für die zukünftige Entwicklung des Programmbereiches *Modellierung/Simulation* von Interesse sein:

- Kontaktmechanik strukturierter Systeme mit weichen Oberflächen
- Tribologie von Hybridschichtsystemen und neuartigen Verbundwerkstoffen
- Benetzung und Kapillarität
- Optimierung von mikrooptischen Systemen
- Mikromechanik natürlicher und künstlicher Komposit-systeme
- Simulation von Wachstumsprozessen
- Modellierung von Zelladhäsion und zellbiologischen Prozessen, besonders in Wechselwirkung mit Substraten oder Nanopartikeln

Mission

This program division is in a set-up stage. It aims at providing considerable support to the other program divisions, as well as having on-going research projects selected according to the research interests and activities of division personnel.

Current Research

Nanoparticle-Neuron-Interactions (collaboration with the Program Division Nano Cell Interactions)

In former studies, we evaluated the effects of different concentrations of coated silver-nanoparticles on the ion flux of single excitable cells by employing a patch-clamp technique. The objective was to disclose potential mechanisms responsible for the measured electrophysiological effects of such particles on neuronal cells (Figure 1). The Hodgkin-Huxley model of dynamic changes in membrane conductance was computationally fitted to the patch-clamp data by using a Differential-Evolution-Algorithm and by evaluating the diversified components of the Hodgkin-Huxley model. Recently, we developed a computational up-scaling of the nanoparticles-induced diversifications on single cells to a neuronal feedback circuit to simulate their influence on resonance processes. Thus, we explored feasible effects of nanoparticles on circuit dynamics *in silico*, i.e., modeling intrinsic single cell dynamics and network oscillations in a circuit by reverting to an extended Hodgkin-Huxley-type formalism and dynamic synaptic coupling using an established thalamocortical feedback model as example. We compared the neuronal response dynamics of the network neurons assuming the presence and absence of interfering coated silver-nanoparticles in specific, non-specific and reticular thalamic cells. The outcome of this simplified *in silico* model is expected to serve as an initial approximation of *in vivo* neuromodulatory effects

of nanoparticles in neuronal feedback circuits. The first *in silico* results suggest that small doses of nanoparticles brought into contact with few cells of any neuronal feedback circuit, are indeed operating as neuromodulators and change network rhythms of large neuronal populations. The modeled outcomes are important for a further understanding of the possible benefits and risks of the exposure of neuronal structures to nanoparticles and shall thus be relevant for nanotoxicology.

Tribological Black-Box Modeling (collaboration with the Program Division Nanotribology)

We developed a novel artificial neural network approach to make very accurate predictions on the friction coefficient and wear rate of PPS composites during tribological testing. Based on PPS composite data from tribological measurements, we developed artificial neural networks (ANN) employing a Levenberg-Marquardt training algorithm with mean squared error with regularization as performance function. To yield an ANN with highest performance quality, we tested how additional input variables, such as characteristic mechanical and thermo-mechanical properties, added to the conventional inputs (material composition, sliding speed, contact pressure), may influence the prediction accuracy of our network. We compared these results with ones obtained by other groups that carried out similar tests with a different ANN. We found our networks' performance to predict the coefficient of friction twice as high for every input option compared to the other studies. The quality of predicting the wear rate along with our ANN was about six times higher than the maximum quality that could be reached in the comparison. Further, the resulting accuracy scale, which could be achieved in our study, was ten times smaller than the tribologically determined standard deviations in the database. Hence, the simulation improvement due to the incorporation of additional mechanical and thermo-mechanical input variables was

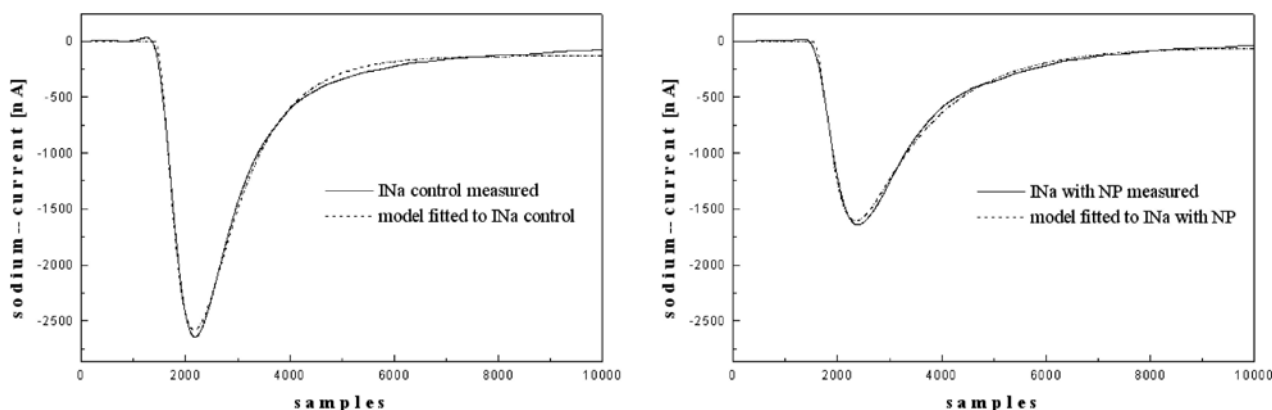


Figure 1: Patch-clamp measured sodium current (I_{Na}) of a representative single neuronal cell with and without silvernanoparticles (NP) and the associated fittings by differential evolution algorithm.



relatively small. However, our approach was able to gain satisfactory high prediction accuracy by just applying the basic input variables to our ANN.

Adhesion (collaboration with the Program Division Functional Surfaces)

Models have been developed for the adhesion between a stiff smooth surface and a compliant, fibrillar spherical surface. They allow simulation of experiments in which the pull-off forces between such surfaces have been measured. The results of the simulations enable to test hypotheses regarding the nature of adhesion between the surfaces under consideration. For example, assessments can be made with regard to whether the pull-off condition for an individual fibril is deterministic, or if it obeys a probabilistic behavior. In addition, simulations of the adhesion of a compliant dimpled surface with a flat, stiff one have been developed and show the development of bi-stable adhesion. In this phenomenon, weak adhesion can be achieved by placing the surfaces together without compression. In this state, the surfaces can be readily separated. The weak adhesion can be converted to a strong one by pressing the apices of the dimples against the flat surface. In that case, the surface cannot be easily detached. A patent regarding this bi-stable adhesion concept has been applied for. In collaboration with the University of California at Santa Barbara, a PhD student is currently establishing Finite-Element-Models for different adhesion phenomena in gecko structures. The work focuses on the effects of “mushroom” shape parameters on adhesion and on explaining the switching behavior of instability-controlled active structures (cooperation with Program Division *Functional Surfaces*) (Figure 2).

Cell mechanics

A model for contractility, cytoskeleton remodeling, and adhesion in biological cells has been developed, coupled to protein-controlled signaling generated in response to mechanical stimulations of the ligaments to which the cell

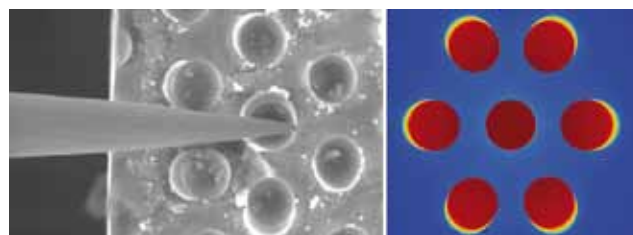


Figure 2: Left: In situ SEM experiment to investigate coupling effects between different pillars. Right: Simulation of the experiment. The middle pillar is loaded, the other pillars are bended towards the middle pillar due to backing layer coupling.

is attached. This model enables the simulation of various experimental observations such as the scaling of contractile forces with the stiffness of the cell’s environment, and the orientation of cytoskeletal stress-fibers during cyclic straining of the cell. The model is currently being extended so as to be used in particle toxicology simulations, where endocytosis ingests particles, and stimulates remodeling of the cytoskeleton.

Outlook

From today’s perspective, the following topics are significant for future developments in the Program Division, given directions within INM:

- contact mechanics of structured systems with soft surfaces
- tribology of hybrid layered systems and novel compounds
- wetting and capillarity
- optimization of micro-optical systems
- micro-mechanics of natural and artificial composite systems
- simulation of growth processes
- modeling of cell adhesion and of cell biological processes, especially in interaction with substrates or nanoparticles.

Das Anwendungszentrum *NMO* (Neue Materialien Oberflächentechnik) ist die Schnittstelle für den Transfer materialtechnischer Entwicklungen aus dem INM in die Industrie. Das *NMO* entwickelt spezifisch für Industriepartner des INM materialangepasste Applikationsmethoden und führt die Maßstabvergrößerung chemischer Synthesen inklusive Qualitätssicherung durch. In speziellen Fällen unterstützt das *NMO* im Rahmen von Drittmittelprojekten mit der Industrie zudem den modularen Aufbau von Gerätschaften für die Verarbeitung neu entwickelter Materialien aus den anderen Programmbereichen.

Im vergangenen Jahr wurden im Rahmen der Arbeiten Technologiephasen mehrerer laufender Projekte mit industriellen Partnern durchgeführt.

- Im Rahmen der Entwicklungsarbeiten für ein Industrieprojekt aus dem Programmbereich Nanomere wurde die Automatisierung einer Rohrrinnenbeschichtung betrieben. Dies betraf besonders die Verfahrensentwicklung für die Sprühapplikation und die Ermittlung der zur Beschichtung 90 cm langer Rohr-Teststücke geeigneten Parameter. Ziel des Verfahrens war die reproduzierbare, gleichmäßige und defektfreie Belegung der inneren Oberfläche von Stahlröhren mit einer Korrosionsschutzschicht. Mehrere Teststücke wurden in einen praxisnahen Feldtest eingebracht und erfolgreich beim Kunden getestet.
- Im Anschluss an ein Entwicklungsprojekt aus dem Programmbereich *Optische Materialien* zur Oberflächenmodifizierung flexibler Folienbahnen durch Reliefbildung wurde eine kontinuierlich arbeitende Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsanlage aufgebaut. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag in der Aufskalierung des Prägens von Mikrostrukturen mit unterschiedlichem Aspektverhältnis in teilgehärtete transparente Oberflächenbeschich-

tungen. Dabei war besonders die Maßstabvergrößerung quer zur Beschichtungsrichtung auf der Kunststoffolie von Interesse. Hierzu wurde zunächst ein Scale-up der Synthese in den Technikumsmaßstab durchgeführt. Nach dem Aufbringen des photopolymerisierbaren flüssigen Films auf der flexiblen Folienbahn konnten mittels einer zylindrischen Walze Mikrostrukturen geprägt und die Schicht während des Prägens durch UV-Belichtung ausgehärtet werden. Das Verfahren eignet sich zur Herstellung von Folien mit speziellen optischen (Hologramme, Mottenaugenstrukturen etc.) oder Adhäsionseigenschaften (künstliche Geckostrukturen).

- Im Bereich Verfahrenstechnik wurde das von der European Science Foundation geförderte Projekt "Fundamentals of Tribology – Correlation between Wear Characteristics and Material Properties of Polymers Ranged from Sub-Micro to Macro Scale (FUNDTRIBO)" weitergeführt. Darin werden an Nanopartikel-verstärkten Polyetheretherketon-(PEEK)-Kompositen Grundlagen der Tribologie und Effekte mit Bezug zu Abrasions- und Reibungsphänomenen auf diversen Größenskalen untersucht und verglichen. Die Forschungsaktivitäten umfassen Materialherstellung, Risikoanalyse, Tests auf der Nanoskala, sowie die Modellierung und Simulation des tribologischen Verhaltens unter Benutzung eines künstlichen neuronalen Netzwerks.

In den vergangenen Jahren wurde das NMO durch Umstrukturierungen deutlich verschlankt. Seit 2011 wird intensiv nach einem neuen Leiter für den Programmbereich gesucht, der verfahrenstechnische Kompetenz besitzen, das *NMO* nachhaltig mit Drittmitteln ausstatten und darüber hinaus zu neuen Themen führen soll. Außerdem soll der Bereich bei steigender Anzahl an Projekten im operativen Bereich durch geeignete Teambildung wieder personalisiert werden.



Mission

The Application Center *NMO* (Neue Materialien Oberflächentechnik) is the interface for the technology transfer into the industry. *NMO* develops application procedures related to materials based on technically relevant methods. These developments are specifically adapted to the requirements of industrial partners. In addition, *NMO* is also engaged in chemical scale up and quality assurance programs. In special cases of collaborative projects, *NMO* also supports industry in designing modular equipment in order to enable the processing of materials from other program divisions.

Current Research

In the past year, several developments concerning technology phases from bilateral projects with industry were performed.

Application development for internal tube coating

In the framework of an industrial project performed in the Program Division *Nanomers* the automatization of an internal coating process for tubes was performed. In particular, *NMO* was engaged in process development concerning spray coating application and the determination of the coating parameters for test tubes with 90 cm length. The objective was the reproducible and defect free coating of the internal surface of steel tubes with corrosion protection. Several test tubes were subjected to a practically relevant field test and were successfully tested at the customer site.

Pilot-plant for micro patterning on flexible foils

For the up-scaling of a process to produce structure-modified surfaces, a pilot-plant for micro patterning on flexible foils in a continuous roll-to-roll process was projected and constructed based on the previous results from a development project performed in the Program Division *Optical*

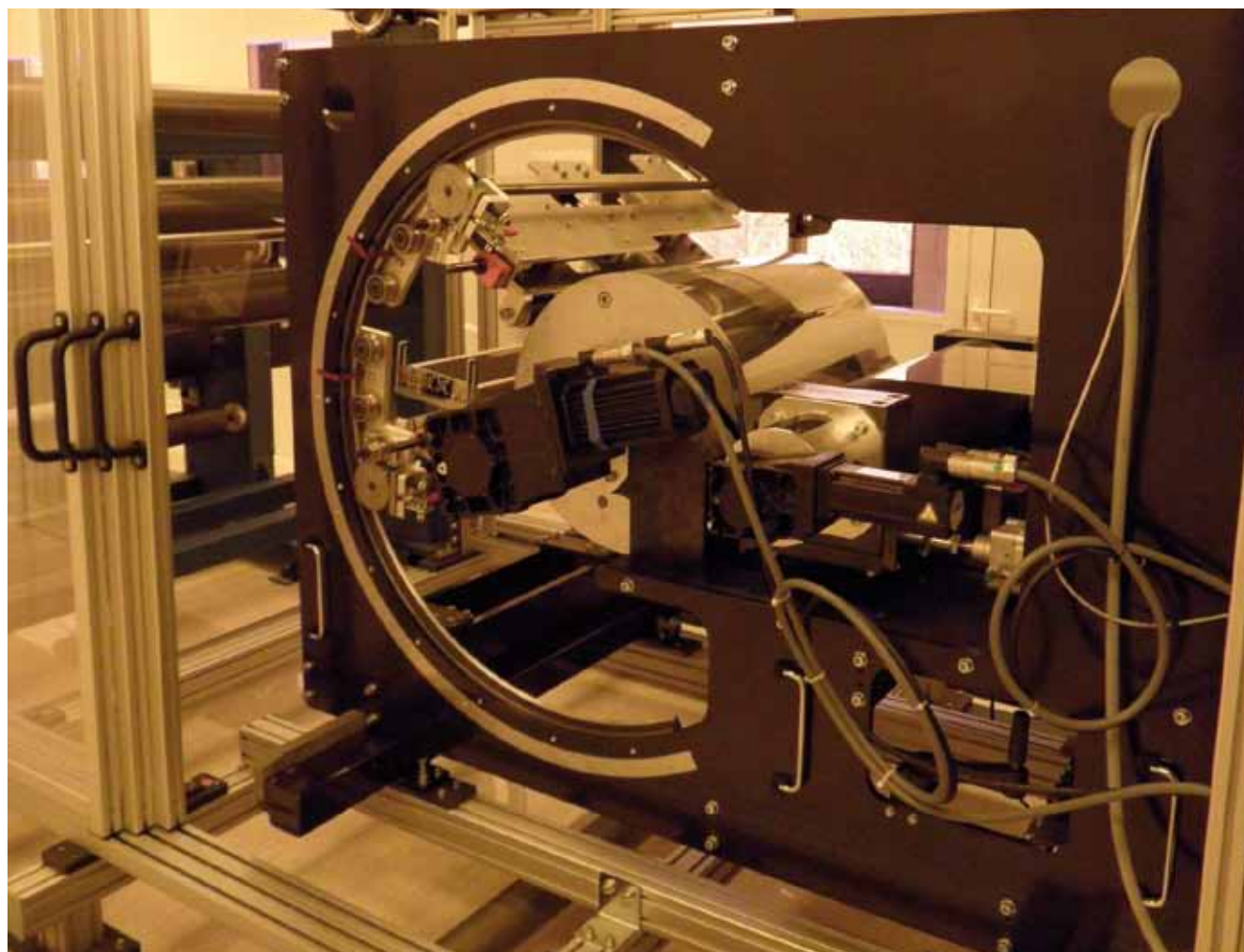


Figure 1: Embossing cylinder with 500 mm diameter and 600 mm width with temperature adjustable from 20° to 80°C. The curing setup is an UV-LED unit (range 365 nm - 395 nm, 6 W/cm²) with variable position in radial und axial direction.

Materials. The embossing facility is based on micro-casting of a monomer film on foils using a cylindrical stamp with simultaneous UV-curing (Figure 1). This set-up will be used to produce micro patterns with specific optical properties (holographic structures, moth eye structures etc.) or adhesive properties (artificial gecko-structures).

Fundamentals of Tribology

In the area of process technology, the project on “Fundamentals of Tribology - Correlation between Wear Characteristics and Material Properties of Polymers ranged from Sub-micro to Macro-scale (FUNDTRIBO)”, funded by the European Science Foundation, was continued. The scope of the project is set on nanoparticle reinforced polyetheretherketone (PEEK) composite materials in order to understand the fundamentals of tribology and effects of

abrasion and friction on the nano- and macro-scale. The research activities comprise the fabrication of the composite materials, risk analysis, tests, modeling and simulation of the tribological behavior on the various length-scales combined with the artificial neural networks.

Outlook

In the past years, several rearrangements were performed at *NMO* that led to a significant streamlining. Since 2011, an intensive search has been started to find a new head for the program division, who in particular should have engineering skills, acquire third party funds and create new topics of scientific interest for *NMO*. Furthermore, it is envisaged to personalize the *NMO* by appropriate team formation in order to conduct an increasing number of projects.



Die Bibliothek des INM ist eine wissenschaftliche Spezialbibliothek und erbringt Dienstleistungen im Bereich Information, Dokumentation, Recherche und Dokumentlieferung für die Mitarbeiter des INM. Sie steht außerdem allen Angehörigen der Universität des Saarlandes sowie externen Interessierten zur Nutzung offen.

Arbeiten 2011

Ziel der INM-Bibliothek im Jahr 2011 war es, die Sichtbarkeit ihrer Print- und elektronischen Bestände nach innen und außen zu erhöhen. Dazu wurden in Kooperation mit der Saarländischen Universitäts- und Landesbibliothek Saarbrücken (SULB) sowie dem Bibliotheks-Service-Zentrum Baden-Württemberg (BSZ) verschiedene Maßnahmen umgesetzt:

Vollständiger Nachweis sämtlicher Medien im Katalog des SWB

Der Online-Katalog des Südwestdeutschen Bibliotheksverbundes (SWB) ist das zentrale, öffentlich zugängliche Nachweisinstrument für die Medien von über 1.200 Bibliotheken aus Baden-Württemberg, dem Saarland und Sachsen. Im Berichtsjahr wurde der Nachweis der INM-Bestände im SWB vervollständigt. Die Anzahl der Bestandsnachweise wurde damit von 9.029 (Januar 2011) auf insgesamt 16.604 (Dezember 2011) erhöht.

Gemeinsamer Datenlieferdienst aus ZDB und EZB

Der Erwerb von Zeitschriftenliteratur wurde in den vergangenen Jahren konsequent von Print-Abonnements auf die Lizenzierung elektronischer Zeitschriften umgestellt. Das Gesamtangebot wissenschaftlicher Zeitschriftenliteratur umfasste im Berichtsjahr 70 Einzelabonnements sowie

46 Lizenzen für Zeitschriftenpakete (inkl. National-, Allianz- und Konsortiallizenzen).

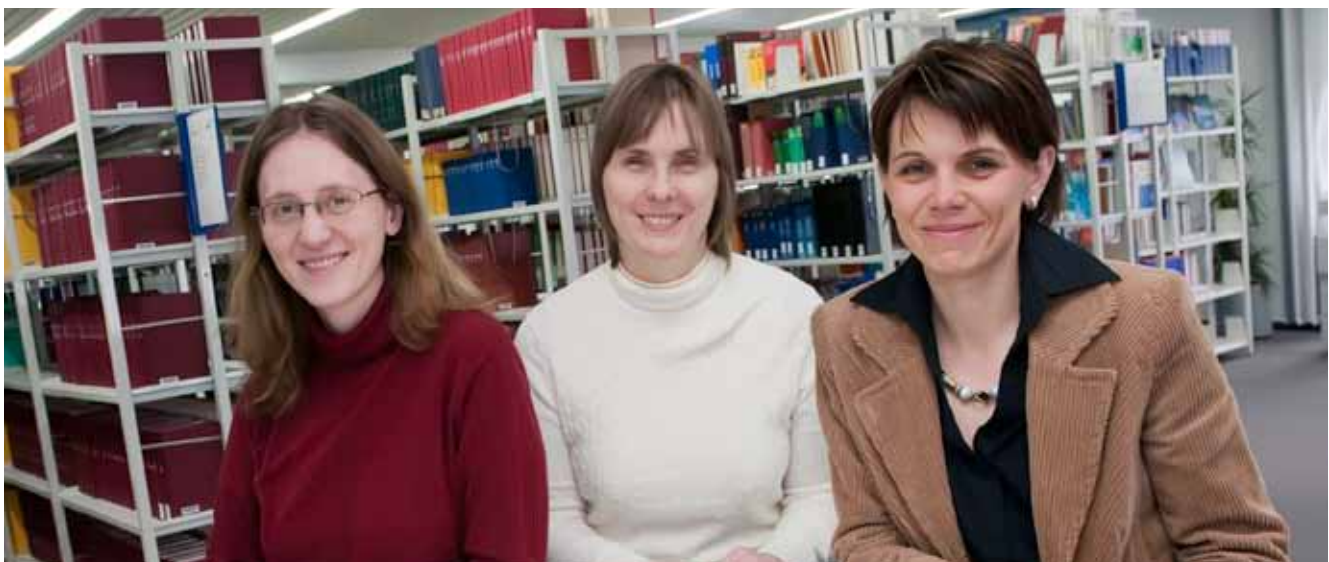
Bei einer Gesamtzahl von über 7.000 elektronischen Zeitschriftentiteln war für die elektronischen Versionen bisher lediglich ein Nachweis in der Elektronischen Zeitschriftenbibliothek (EZB) möglich. Zusätzlich wurde jedoch ein vollständiger und konsistenter Nachweis aller elektronischen und gedruckten Zeitschriften im lokalen Katalog der INM-Bibliothek gewünscht. Dies konnte 2011 durch die Teilnahme an dem Datenlieferdienst der Zeitschriften-Datenbank (ZDB) und der Elektronischen Zeitschriftenbibliothek (EZB) erreicht werden. Über diesen Service werden wöchentlich Zeitschriftendaten aus beiden Systemen ohne Mehraufwand über das Verbundsystem SWB in den lokalen Katalog der INM-Bibliothek eingespielt. Damit wurde der Nachweis von Zeitschriftentiteln im lokalen Katalog von 247 (Januar 2011) auf 7.338 (Dezember 2011) erhöht.

Neuer Web-OPAC

2011 führte die INM-Bibliothek einen neuen Web-OPAC (Online Public Access Catalogue) ein. Es handelt sich um eine sogenannte „Lokale Sicht“ auf die SWB-Verbunddatenbank. Die neue Rechercheoberfläche bietet gegenüber dem alten Katalog eine Reihe von Vorteilen und ist insbesondere auch außerhalb des INM zugänglich.

Ausblick

2012 ist die Einführung des integrierten Open-Source-Bibliothekssystems KOHA geplant. Das Bibliotheksservice-Zentrum Baden-Württemberg (BSZ) wurde mit der Datenmigration, der Verbundanbindung und dem Hosting der INM-Bibliotheksdaten (Modell „Software as a Service“) beauftragt. Die Inbetriebnahme von KOHA soll bis Mitte 2012 abgeschlossen sein.



Aufgaben des Servicebereichs

Der Servicebereich *Chemische Analytik* bietet ein breites Spektrum analytischer Dienstleistungen in den methodischen Bereichen Chromatographie, NMR-Spektroskopie und Atomspektrometrie für die Programmbereiche des Hauses, Arbeitsgruppen der Universität des Saarlandes und externe Auftraggeber an. Neben dem qualitativen Nachweis der Bestandteile oder der Quantifizierung der Zusammensetzung werden Messmethoden für spezielle Anforderungen optimiert oder Analysenlösungen gemäß Aufgabenstellung entwickelt. Dabei kommen Flüssig- (HPLC) und Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (GC/MS), ^1H -, ^{13}C - und ^{29}Si -Flüssig-Nuclear-Magnetic-Resonance-Spektroskopie (NMR) zum Einsatz. Des Weiteren werden atomspektrometrische Verfahren sowohl der Atomabsorption mit Flammen- (FAAS) und Graphitrohratomisierung (GFAAS), letzteres auch für die automatisierte Feststoffeinfuhr, als auch der optischen Emission mit induktiv gekoppelten Plasma (ICP OES) und die CHNS-Analyse (Analyse auf Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel) eingesetzt. Im Berichtszeitraum wurden neben den analytischen Fragestellungen des Institutes ca. 20 % für Kooperationen mit der Universität und 5 % für externe Auftraggeber gearbeitet.

Quantitative Spurenanalyse von Alkanthiolen mit GC/MS

Die Juniorforschungsgruppe *Strukturbildung auf kleinen Skalen* synthetisiert Gold-Nanopartikel (Au-NP), die in unpolaren Lösemitteln mit Alkanthiolen (AT) stabilisiert werden. Beim Altern dieser Lösungen hat die Desorption

geringer Mengen von AT einen großen Einfluss auf das Anordnungsverhalten und die Stabilität der Au-NP. Zu diesem Zweck wurde eine analytische Methode entwickelt, um Spuren von AT in unpolaren Lösemitteln mit GC/MS quantitativ zu ermitteln. Die Methodenparameter und das Temperaturprogramm wurden anhand von Standardlösungen aus C_8 -, C_{10} -, C_{12} - und C_{18} -Thiolen auf einer *ZB-1HT Inferno* über Autosampler-Direktinjektion optimiert. Während im Full-Scan-Modus die Bestimmungsgrenzen für die beschriebenen AT ca. 10 $\mu\text{mol/l}$ betragen, konnten im SIM-Modus LOQ's (limits of quantitation) von 10 nmol/l ermittelt werden. In den Proben wurden zwischen 50 und 3000 nmol/l AT analysiert.

GFAAS-Bestimmung von Au-Nanopartikeln in Heptan

Die oben beschriebenen AT-stabilisierten Au-NP wurden in Heptan synthetisiert. Zur quantitativen Erfassung der Au-Gehalte wurde eine GFAAS-Methode mit Flüssigprobengeber erarbeitet. Nach Optimierung des Temperaturprogramms und der optischen Parameter konnten in Heptan Nachweisgrenzen von 0,61 $\mu\text{g/l}$ erzielt werden. Die analysierten Konzentrationen lagen zwischen 3 und 500 $\mu\text{g/l}$.

Ausblick

Um noch flexibler auf die unterschiedlichsten analytischen Fragestellungen reagieren zu können, wurde Ende 2011 in ein High-Resolution Continuum Source (HR-CS) AAS contra700 mit Xenon-Kurzbogenlampe und hochauflösendem Echelle-Monochromator sowie in ein GC/MS QP 2010 SE mit Direkteinlass investiert.





In der *Physikalischen Analytik* sind die Bereiche Elektronenmikroskopie und Röntgenanalytik als zentrale Serviceeinrichtungen zusammengefasst. Die Röntgenanalytik ist mit drei Röntgendiffraktometern (Pulver-XRD, Vierkreis-XRD, HT (Hochtemperatur)-XRD) sowie Fluoreszenzspektrometer (XRF) für quantitative chemische Analyse ausgestattet. Mit einem 200 kV-Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM), zwei Raster-Elektronenmikroskopen (SEM/ESEM) sowie zwei Raster-Kraftmikroskopen (AFM) und einem konfokalen Laser-Raster-Mikroskop (CLSM) verfügt das INM über Einrichtungen für eine umfassende Charakterisierung nanostrukturierter Materialien.

Aufgaben des Servicebereichs

Die Hauptaktivitäten der *Physikalischen Analytik* gliedern sich in allgemeine Serviceleistungen wie die Gerätebetreuung, Justierung und Kalibrierung, Einweisung und Schulung von Gerätenutzern, Praktika sowie Serviceleistungen für die Programmbereiche des INM und Kooperationen im Rahmen von Projekten mit internen und externen Partnern. Im Jahr 2011 standen folgende Aktivitäten im Mittelpunkt:

Interne Kooperationen/Serviceleistungen

- Charakterisierung von Nanopartikeln und -drähten bezüglich Struktur und Morphologie,
- Untersuchungen an Metall/Oxid-Core-Shell-Strukturen mittels analytischer TEM,
- Elektrochemische Untersuchungen zum Einfluss von Silber auf die Zellmorphologie von A549-Zellen,
- ESEM-Untersuchungen zum Wachstumsprozess von 2D-kristallinen Kolloidstrukturen.

Methodische Entwicklungen

- Simulation des Wachstums-Prozesses zweidimensionaler kolloidaler Partikelensembles aus der Paarverteilungskorrelationsfunktion,

- Optimierung des wetSTEM-Detektors für *In-situ*-Abbildungen in Flüssigkeiten im ESEM,
- Aufklärung von Defektstrukturen in Eisen- und Indium-dotiertem Zinkoxid mittels HR (High resolution)-STEM-Abbildung.

Externe Kooperationen

- Low-Vacuum-ESEM an Zellkultur-Templaten mit Nanotopographie (Universität des Saarlandes),
- Charakterisierung von Nickel-Nanopartikeln in Kohlenstoff-Schichtsensoren (HTW Saarbrücken).

Installation eines neuen TEM/STEM

Im Zuge unserer Bestrebungen, die Analytik bezüglich Geräteausstattung und Methodik weiter zu entwickeln, wurde 2011 mit der Installation eines neuen analytischen Raster-Transmissions-Elektronenmikroskops (JEOL JEM-ARM 200CF TEM/STEM) ein wichtiger Meilenstein erreicht. Die den Anforderungen dieses Systems genügende Infrastruktur wurde geschaffen und die Installation des ARM 200CF konnte bis Jahresende weitgehend abgeschlossen werden.

Ausblick

Das neue TEM/STEM bildet das Kernstück des am INM neu etablierten *Centrum für Funktionelle Mikroskopie (CFM)*, das am 20. Oktober 2011 mit einem Festakt eingeweiht wurde. Ab Januar 2012 werden die Aktivitäten der Servicegruppe *Physikalische Analytik* im neu eingerichteten Programmbereich *Innovative Elektronenmikroskopie* unter der Leitung von Prof. Niels de Jonge zusammengeführt. Es ist geplant, innovative Charakterisierungsmethoden wie 3D-Visualisierung mittels TEM/STEM-Tomographie und *In-situ*-Flüssigzellen-Mikroskopie am INM zu etablieren.



Aufgaben des Servicebereichs

Das Hauptarbeitsgebiet des Bereiches liegt in der Entwicklung und im Bau von wissenschaftlichen Anlagen und Komponenten für die Forschungsabteilungen im Rahmen von Projekten und im Bereich der Grundlagenforschung. Dies beinhaltet die Konstruktion mit Steuerungs- und Softwareentwicklung sowie die Herstellung und den Zusammenbau in den Werkstätten (Mechanik, Elektrotechnik, Elektronik) des Bereiches. Ein weiteres Arbeitsgebiet ist die Messwerterfassung zur Charakterisierung elektrischer Materialeigenschaften. Daneben führt die Servicegruppe im Rahmen einer Kooperation die Werkstattaufgaben für den Lehrstuhl „Technische Physik“ der Universität des Saarlandes durch. Für die Servicegruppe hat die Ausbildung einen hohen Stellenwert. So sind 20 % der Mitarbeiter Auszubildende.

2011 wurde die Ausstattung des Bereiches um das Multisensor-Messgerät Typ O-Inspect der Firma Zeiss erweitert. Aufgrund der Multifunktionalität sind neben taktilen Messungen mit Scanningfunktion auch optische Messungen mit einem telezentrischen Zoomobjektiv möglich. Des Weiteren ist das Gerät mit einem chromatischen Weißlichtsensor ausgerüstet.

Optimierung einer Bearbeitungsstrategie durch den Einsatz einer optischen Messeinrichtung

Die Problematik war, einen Stift mit einem Durchmesser von 100 µm bei einer Länge vom 15-fachen Durchmesser mit einem Konus von 1° herzustellen. Durch den Einsatz der optischen Messeinrichtung des Multisensor-Messgerätes wurde erkannt, dass die Schnittdruckkräfte durch das helixförmige Zerspanen zu Verformungen führen. Zur Reduzierung der Bearbeitungskräfte wurde eine stufenweise spiralförmige Zerspanung gewählt. Damit konnte

ein zylindrischer und auf die gesamte Länge hin gerader Stift hergestellt werden.

Bau eines In-situ-Heizgerätes für die Messung des Formgedächtniseffekts bei NiTi-Legierungen

Um Formveränderungen durch Temperaturänderungen einer Zweiweg-NiTi-Formgedächtnislegierung mit einem konfokalen Laser-Scanning-Mikroskop und einem Weißlichtinterferometer abbilden zu können, musste ein geeigneter Mikroheiztisch angefertigt werden. Durch den Einsatz einer HSC-Fräsmaschine war es möglich, Trennstegte mit einer Dicke von 400 µm bei einer Höhe von 2,4 mm aus einer bearbeitbaren Glaskeramik mit hohen Isolationswerten herzustellen. Hierdurch wurde eine Beeinflussung der Messergebnisse durch die Temperaturänderung vermieden. Als Heizer wurde ein Mikroheizer der Firma Heraeus verwendet, der im Millisekundenbereich eine Temperatur bis 500° C erreichen kann. Die Temperaturregelung mittels Pulsweitenmodulation (PWM) ermöglicht ein schnelles Aufheizen der Probe ohne Überspringen auf die erforderliche konstante Temperatur, die im Bereich von 80° C bis 120° C einstellbar ist, obwohl aufgrund der Platzverhältnisse die Temperatur des Heizers mit nur einem Sensor gemessen wurde.

Ausblick

Die Anforderungen durch die Forschungsgruppen verlagern sich zunehmend auf das Gebiet der Mikromechanik. Deshalb wird eine weitere Verbesserung des Know-hows im Zusammenspiel Werkzeug – Maschine – Messtechnik angestrebt. Hinzu kommen Anpassungen, die durch die notwendigen Veränderungen im Zusammenhang mit neuen Forschungszielen an den Servicebereich herangetragen werden.





Aufgaben des Servicebereichs

Die *Werkstoffprüfung* umfasst die mechanischen Prüfverfahren, mit denen das Verhalten und die Werkstoffkenngrößen von normierten Werkstoffproben oder Bauteilen unter mechanischen, thermischen oder chemischen Beanspruchungen ermittelt werden. Diese dienen zur Charakterisierung der Festigkeit, des Verformungs- und Bruchverhaltens sowie der Härte und des Verschleißwiderstandes. Neben Spindelprüfmaschinen stehen auch servohydraulische Prüfsysteme zur Charakterisierung unter zyklischer Beanspruchung zur Verfügung. Zur Ermittlung von Härte und plastischem/elastischem Verhalten an dünnen Schichten stehen registrierende Härteprüfverfahren zur Verfügung. Daran können mit Scratchtestern Kratz- und Haftfestigkeiten ermittelt werden. Tribologische Eigenschaften werden im Gleit- und Schwingverschleiß bestimmt.

Neu angesiedelt wurden thermische Charakterisierungsverfahren wie Dilatometrie, Differentielle Thermoanalyse (DTA/DSC) sowie die Simultane Thermo Analyse (STA), eine Kombination von Thermogravimetrie mit DTA/DSC sowie gekoppelter Massenspektrometrie und Infrarotspektroskopie (FTIR).

Neben der Durchführung von Standardverfahren ist es eine wesentliche Aufgabe, die Forschungsarbeiten am INM bezüglich werkstoffmechanischer, prüf- und charakterisierungstechnischer Fragestellungen zu unterstützen.

Im Bereich der *Pulversynthese* stehen die Syntheseentwicklung und Bereitstellung von Nanopartikeln sowie das Up-Scaling bis in den Technikumsmaßstab im Vordergrund. Es werden auch Untersuchungen zum Dispergierverhalten von

nanoskaligen Partikeln in flüssigen und pastösen Medien durchgeführt. Diese beinhalten sowohl die Auswahl des Dispergiervfahrens bzw. der benötigten Hilfsstoffe als auch die Herstellung und Charakterisierung der Dispersionen und Pasten.

Es wurde eine Methode für die Herstellung keramischer Proppants mit ferrimagnetischen Eigenschaften entwickelt. Proppants sind kugelförmige Festkörper, die bei der Erdölförderung zur Verbesserung des Rohölflusses in hydraulisch aufgebrochenen Lagerstätten beitragen. Die ferrimagnetischen Eigenschaften sind von besonderer Bedeutung, da hierdurch eine neuartige Aufheizung der aufgebrochenen Lagerstätten durch elektromagnetische Wechselfelder und damit eine Erhöhung des Rohölflusses erreicht werden soll.

Ausgehend von nanoskaligen Rohstoffen sowie eines glasartigen Binders konnten kugelförmige Granulate hergestellt werden. Nach der thermischen Verdichtung entstanden Magnesiumferrit-Kugeln in der geforderten Qualität (Partikelgrößenverteilung: 0,85-1,85 mm, Morphologie, Festigkeit und Heizverhalten). Diese Methode gestattet eine effiziente Herstellung der Ferrit-Kugeln, da die Über- bzw. Unterkornanteile wieder in die Prozesslinie eingebracht bzw. dort verarbeitet werden können. Für den Eignungstest wurden 5 kg dieser Ferritkugeln hergestellt.

Ausblick

Für 2012 ist die Unterstützung von zwei Projekten zu keramischen Ultrafiltrationsmembranen und zur Synthese szintillierender Nanopartikel geplant.





Highlights 2011



INM celebrated the arrival of its aberration-corrected scanning transmission electron microscope JEOL – ARM200CF at the end of October 2011. Prominent guests of Saarland University, the government of Saarland, and the BMBF attended the ceremony which included several presentations and guided tours. So, visitors were given the opportunity to obtain an overview of the analytical methods in the electron microscopy facility, and of the ultra-high resolution optical STED (Stimulated Emission Depletion) microscope.

In-situ electron microscopy, and atomic resolution

The aberration-corrected electron microscope provides two imaging modalities with atomic resolution, transmission electron microscopy (TEM), and scanning TEM (STEM). The microscope also offers elemental analysis via the recording of X-ray or electron energy loss spectra. The obtained information will be used to study the morphology, elemental composition, and electronic states of solid materials for applications in materials science, and nanotechnology. Biological materials will be imaged as well. The microscope will be used in combination with a newly developed microfluidic chamber for the imaging of specimens in liquid. The system will be used to image eukaryotic cells in their native liquid environment with nanometer resolution, for example, to study the interactions of nanoparticles with cells. It will provide unprecedented resolution to explore processes happening at the solid-liquid interface, with relevance for energy-related topics, such as electro-chemical processes

happening in batteries, and to study processes occurring in liquid, such as nanoparticle growth. The system can also be used with gas instead of liquid, such that catalytic reactions can be initiated at elevated pressures while being imaged with the electron beam.

Support from the USA

From January 2012, the internationally renowned electron microscopist Prof. Dr. Niels de Jonge (Figure 1) will be appointed group leader, with the aim to establish a research program based on *in situ* aberration corrected electron microscopy. With his appointment, the service group *Physical Analytics* will be transformed into the new Program Division *Innovative Electron Microscopy*. Originating from the Netherlands, where he worked at Philips Research Laboratories, Prof. De Jonge was Assistant Professor of Biophysics at Vanderbilt University, a famous private university in Nashville, Tennessee, USA, until December 2011.

Center for Functional Microscopy (CFM)

Together with the new STEM/TEM, INM now has four high-resolution electron microscopes, and five scanning probe microscopes. Ten light microscopes for specific applications complement the analytical capabilities of the institute. A staff of Ph.D. scientists, and technical assistants spanning several groups at INM operate these microscopes. INM is aiming to bundle these comprehensive microscopy facilities and the accompanying know-how into the *Center for Functional Microscopy* (CFM).



Figure 1: Prof. Niels de Jonge, head of the new Program Division *Innovative Electron Microscopy*, during the ceremony for the new scanning transmission electron microscope.

Leibniz Nano: das INM als Netzwerk-Akteur - Leibniz Nano: INM as a network protagonist

Prof. Dr. Eduard Arzt, Dr. Mario Quilitz



Figure 1: Institutes in Leibniz Network Nano.

Introduction

Scientific success is often not achieved by single players but by teams and thus influenced by the quality of the information exchange between the scientists. The same holds for the transfer of ideas to the industry. In this context, establishing contacts and bidirectional communication are considered to be one of the key factors of success. The contemporary instrument for these processes of informational exchange is the network.

Leibniz Nano: The network

Within the Leibniz Association, many institutes perform high level research in the field of nanotechnology. This year, the desire for a closer collaboration between these institutions has led to the recreation of the Leibniz Net-

work for Nanotechnology. It came to life with a constitutive meeting of the partners in Saarbruecken in September 2011. The network is chaired by Prof. Eduard Arzt at INM.

At the moment, the list of members comprises fourteen Leibniz institutes. The geographical distribution of the institutes is depicted in Figure 1. The network is being deliberately kept open for new members. As most institutes are from section D of the Leibniz Association, the network strives especially to expand into other sections. Additionally, close cooperation with other networks, e.g. the Leibniz Transfer Network for Microelectronics, shall be established.

Aims and tasks of the Leibniz Network Nano

It is a central aim to improve the visibility of the Leibniz Association and its nanotechnology players, which will be achieved by bundling and focusing the joint activities. The aims and tasks of the network include:

- to establish a central contact point in the field of nanotechnology within the Leibniz Association
- to act as a central contact point also for external parties such as funding organizations, politics, media, and other networks
- to collect and exchange information among its partners
- to effectively find project partners and mediate external and internal requests
- to perform joint or coordinated activities, such as workshops, seminars, exhibitions.

Outlook

In 2012, the Leibniz Network Nano plans to go into full operation. A first workshop of the network took place in Berlin on January 30/31, 2012. The workshop intends to bring together the active players in the network, to get to know each other, and to set up first links. The resonance on this initiative was excellent: 17 talks and 36 posters are scheduled for this first highlight event. The year will be used to collect information on the topical focus areas of the institutes, to build up more links, and to present the network to the scientific and industrial community.

Einfluss einer Vorverformung auf den Größeneffekt in Nickel-Mikrodruckproben - Influence of pre-straining on the size effect in nickel compression pillars



Dr. Andreas Schneider, Metallische Mikrostrukturen / Metallic Microstructures

Introduction

Small-scale compression tests on focused ion beam (FIB)-machined single crystalline metal pillars have consistently shown that the flow stress scales inversely with some power of the pillar diameter. The initial dislocation density is believed to have a significant effect on the size effect in strength, although the vast majority of experimental studies have used well-prepared samples with bulk dislocation densities on the order of 10^{12} m^{-2} . In 2011, we have systematically investigated the effect of increasing initial dislocation density on the size dependent strength behavior of FIB manufactured Nickel (Ni) micro/nanopillars. This study gave new insights into the mechanics of small-scale metal structures and is thus briefly summarized in the following.

Experiments and results

A Ni single crystal was sectioned into four cylindrical samples and compressed to increasing strains (5%, 10%, 15% and 20%). The pre-strained specimens were carefully sectioned and small-scale compression pillars were FIB-milled into the surface. Subsequently, the pillars were compressed using a nanoindenter equipped with a $10 \mu\text{m}$ diamond flat punch. The microstructure of the pre-strained specimens was evaluated using transmission electron microscopy (TEM) and micro-Laue diffraction. Both techniques demonstrate that, already at 5% strain, a dislocation cell network forms in the material (Figure 1). The microcompression results show that the yield strength of the pillars is strongly correlated to the amount of pre-straining. For pillars in the micron regime, pre-straining increases

the strength as a function of pre-straining magnitude. In contrast, for pillars in the sub-micron regime, strength values are independent of the amount of pre-straining.

Discussion

Our results show that, as size scale decreases, there is a transition from a bulk-like behavior to a behavior characteristic for small-scale metal structures. This transition might be the result of different dislocation processes dominating the deformation in the micron and the sub-micron regime: For pillars in the micron regime, it can be assumed that their strength is controlled by cell walls acting as obstacles for dislocation motion. In contrast, for pillars with diameters well below $1 \mu\text{m}$, the contribution of the cell walls becomes more difficult to interpret, since the sample size approaches the cell size and the yield strength values tend to converge regardless of pre-straining. *In situ* TEM experiments have shown that the dislocations responsible for the plastic deformation of these nanopillars are nucleated near the pillar top. Residual dislocations due to initial pre-straining further down the sample remain largely unaltered during compression. This indicates that the initial deformation in the sub-micron range is not dominated by residual pre-straining dislocations.

Outlook

Future experiments will be performed on alloys in which pre-straining induces a homogeneous dislocation structure. It is expected that in these alloys the yield strength of the nanopillars is strongly affected by the increase in dislocation density.

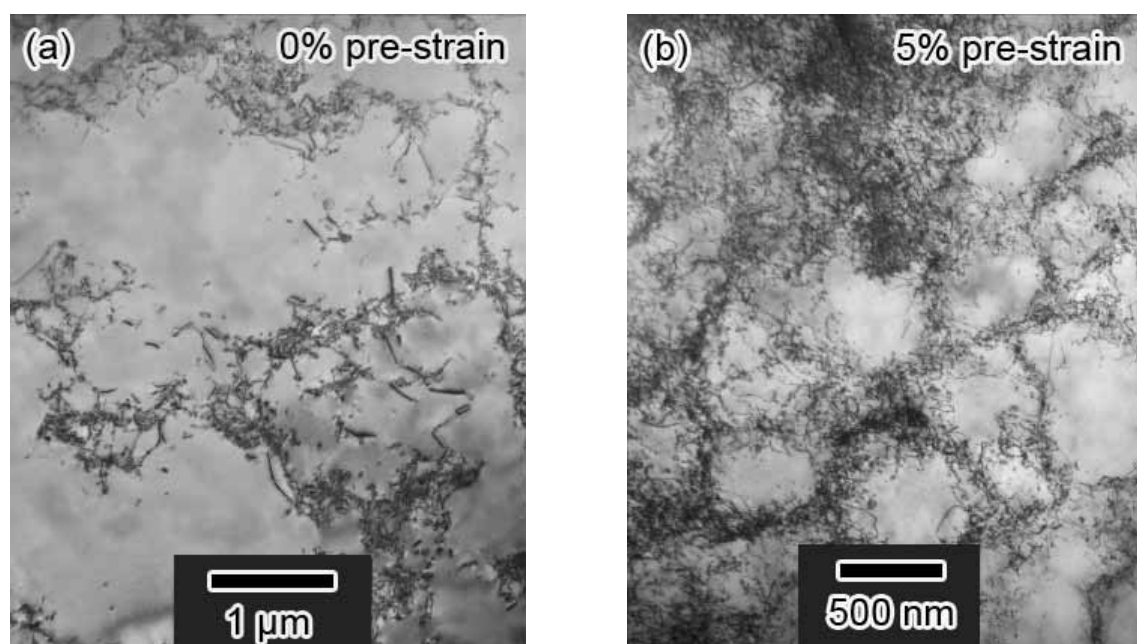


Figure 1: TEM images showing the dislocation structure in the pristine (a) and 5% pre-strained (b) sample.

Durch die Kinetik bestimmte Nanopartikel-Agglomerat-Strukturen - Nanoparticle agglomerate structures defined by kinetics

MSc Philip Born, Dr. Tobias Kraus, Strukturbildung auf kleinen Skalen /
Structure Formation on Small Scales

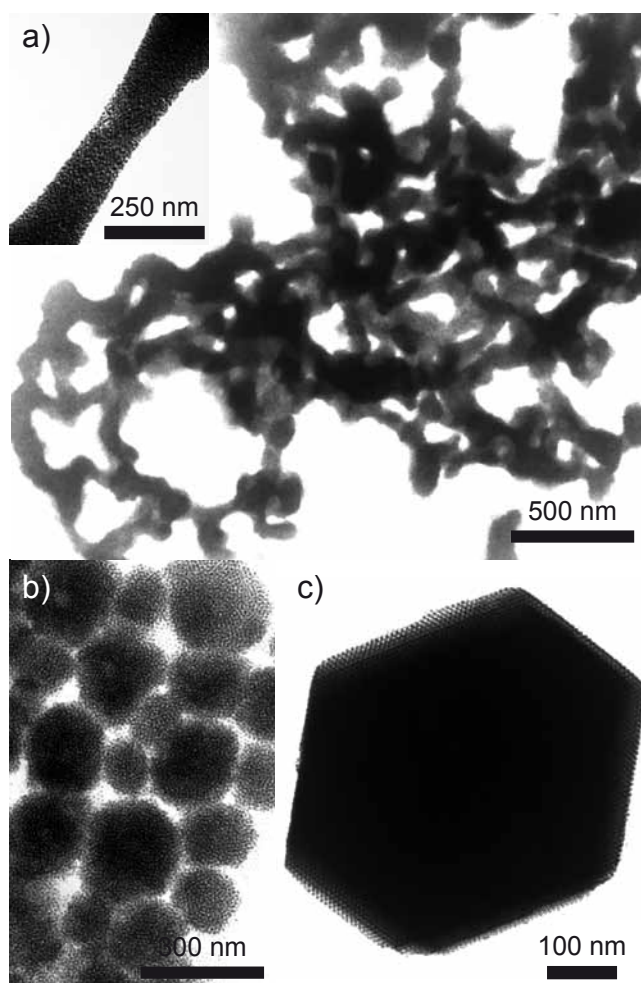


Figure 1: Arrangement and microstructure of agglomerates of gold nanoparticles stabilized with hexadecane thiol after cooling to diffusion-limited agglomeration (a), to reaction-limited agglomeration (b), and after precipitation at elevated temperatures (c).

Introduction

The Junior Research Group *Structure Formation* develops routes to use nanoparticles, available today with well-defined size and shape, to design materials with new microstructures. In such materials, the unique properties of nanoparticles are lent to a bulk material. It becomes possible to tune the microstructure of the materials by arranging the particles and to create new properties just as the arrangement of atoms in conventional materials governs their properties. In 2011, synchrotron beam time was granted to the group, which helped revealing fundamental aspects of self-organized nanoparticle microstructures.

The results were investigated in depth and presented by Philip Born in his PhD thesis, which was finished in 2011.

A kinetic approach

Nanoparticles in suspension need to be stabilized to prevent agglomeration. Controlled destabilization of the particles allows us to influence the agglomeration process and thereby influence the resulting particle arrangement. We used gold nanoparticles with 6 nm diameter that were stabilized by alkyl thiol shells in organic suspensions. The solubility of the alkyl chains in the organic solvent defines the stability of the particle suspension. Cooling reduces the solubility of the alkyl chains, and at a ligand-specific temperature, agglomeration of the particles sets in. Temperature thus defines the interaction among the particles, from repulsive above the agglomeration temperature to strongly attractive several Kelvin below the agglomeration temperature. We exploited this temperature dependency to influence the agglomeration kinetics. Cooling ten Kelvin below the onset of agglomeration, rapid diffusion-limited agglomeration (DLA) sets in. At ten Kelvin below the onset of agglomeration, rapid diffusion-limited agglomeration (DLA) sets in. RLA led to spherical, glassy particle agglomerates, while DLA led to filamentous, glassy agglomerates (Figure 1 a, b).

Crystallization

The absence of crystalline particle packings indicated limited particle mobility in the agglomerates. Enhanced mobility at increased temperatures is expected. To induce agglomeration at elevated temperatures, we increased the solvents' polarity until the particles became insoluble. This approach allowed agglomeration at arbitrary temperatures. We found crystalline packings of the particles above ligand-specific temperatures which corresponded to melting temperatures of the ligand shells (Figure 1 c).

Conclusion / Outlook

The results revealed that the morphology of nanoparticle agglomerates tremendously depend on the agglomeration kinetics, whereas packing depends on the mobility of the nanoparticles on or within the agglomerate. This behavior, here shown for a model system, can be transferred to other functional particle system. In future, mobility measurement will be a key experiment to predict self-organization behavior in particle based materials. Direct applications, for example, exist in conductive inks or heat-conductive pastes.



Introduction

During the last years, the impact of engineered nanoobjects on living systems has become a prominent research topic. In order to deduce structure-activity relationships, research still has to answer the following questions: How are material properties like size, chemical composition, surface and morphology related to biological effects? What are the mechanisms of cellular transport and what are the intracellular target sites of nanoobjects? How can significant *in-vitro* tests be performed taking into account the particle properties? The aim of the project "Mechanisms of nanotoxicity by modern microscopic techniques" (MeNatox, BMBF, FKZ 03X0063, 2008-2011) was to analyze the interactions of nanoparticles with cells and to demonstrate their subcellular localization by use of the recently developed superresolution STED (Stimulated Emission Depletion) microscopy.

STED microscopy and analysis of cell-associated nanoparticles

Within MeNatox, STED microscopy was used for nanotoxicological questions for the first time. STED microscopy is a variant of confocal laser scanning microscopy that enables superresolution imaging. Both techniques rely on the excitation of a fluorophore, resulting in the generation of a diffraction-limited fluorescent spot in the focal plane. STED resolution is pushed below the diffraction limit by action of an additional depletion laser, forcing the fluorophores back into a non-fluorescent state. Switching off the fluorophores in the outer spot area is only achieved by introducing a donut-shaped depletion laser profile, exhibiting a central zone of zero intensity.

In MeNatox, STED imaging and complementary microscopic techniques (confocal and multiphoton microscopy, live-cell imaging) were used to quantitatively analyze cellular uptake and uptake mechanisms, agglomeration state of the particles (Schübbe et al., Adv. Eng. Mater., 2010), localization relative to the nucleus (Schübbe et al., Chem. Mater., 2012) and presence within membrane bound vesicles (Schumann et al., J. Biophotonics, 2012). MeNatox included the development of synthetic routes for the preparation of fluorescently labeled particles (SiO_2 , Ag) that are suitable for STED and display a narrow size-distribution as well as their physicochemical characterization (Figure 1). In addition, the cytotoxicity of the particles was tested using various end-points (membrane integrity, metabolic activity, DNA integrity, production of reactive oxygen species).

Outlook

The findings made will be pursued in deepening investigations on SiO_2 and Ag nanoobjects, but also in analysis on the distribution and localization of other particle types. Recently, new developments have advanced available

STED techniques towards multicolor and live-cell imaging (Müller et al., ChemPhysChem, 2012) that will be established for continuing studies. The localization of nanoobjects relative to cellular components is important in order to elucidate our knowledge on the mechanisms involved in the potential toxicity of nanoobjects and - in combination with biochemical endpoints - to derive predictive models based upon structure-activity relationships.

C. Schumann, S. Schübbe, C. Cavelius, and A. Kraegeloh, A correlative approach at characterizing nanoparticles mobility and interactions after cellular uptake, J Biophotonics 2012, 5, (2), 117-127

S. Schübbe, C. Schumann, C. Cavelius, M. Koch, T. Müller, and A. Kraegeloh, Size-Dependent Localization and Quantitative Evaluation of the Intracellular Migration of Silica Nanoparticles in Caco-2 Cells, Chem Mater 2011, 24, (5), 914-923

T. Müller, C. Schumann, and A. Kraegeloh, STED microscopy and its application: new insights into cellular processes on the nanoscale, ChemPhysChem 2012, in press, [DOI: 10.1002/cphc.201100986]

S. Schübbe, C. Cavelius, C. Schumann, M. Koch, and A. Kraegeloh, STED microscopy to monitor agglomeration of silica particles inside A549 cells, Adv. Eng. Mater. 2010, 12, (5), 417-422

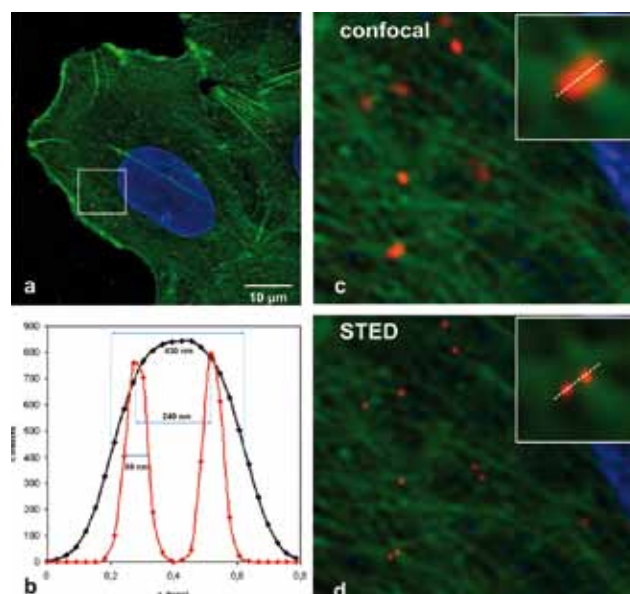


Figure 1: Comparison of confocal and STED microscopy: A549 cells (actin cytoskeleton: green, nucleus: blue, both confocal) after 48 h exposure to 80 nm SiO_2 particles (red, confocal or STED). a) confocal overview of the whole cell, b) intensity line plots of two adjacent particles, showing a distance of 240 nm between the particles at STED resolution, which is below the limit of confocal resolution in the far red. The full width at half maximum of 80 nm gives an estimate of the lateral resolution in the STED image. The plots correspond to the dotted lines in the enlarged views of the confocal (c) and STED recording (d, red channel only). Images were deconvolved with Huygens software (Scientific Volume Imaging, Hilversum, Netherlands) using a classic maximum likelihood estimation algorithm.

Die Biotechnologie von Chitin-Kompositen - Biotechnology of Chitin Composites

PD Dr. Ingrid M. Weiss, Biomineralisation / Biomineralization

Introduction

Recently, we created a cellular model system that produces the mollusc myosin chitin synthase (Schönitzer et al., 2011). In contrast to the mollusc mantle tissue, it can be considered as one of the very rare systems on earth, where the influence of a step-wise modified extracellular matrix on cellular activities can be quantified.

Mineralized chitin composites in nature

Mollusc myosin chitin synthases contribute new general concepts for biomaterials design. Evolutionarily, both the animal and plant kingdoms took advantage. Mollusc shell types such as nacre can still not be chemically synthesized. One reason may be the failure to control chitin self-assembly and mineralization at the nanoscale without biological input. The phenomenon of mechanotransduction is universal, for human bone it is known as Wolff's law. Mollusc shells are the earliest high-performance materials in nature, but unlike bone they do not remodel. The material, once produced, has to protect the animal for its entire lifetime. This requires extremely high levels of control. Myosin and cytoskeletal signaling pathways are likely involved in the step-wise secretion and geometric patterning of chitin, proteins and mineral precursors into mechanically favorable organic/mineral architectures.

Biotechnology of mechano-responsive glycosyltransferases

The functional cell lines generated by Schönitzer et al. (Schönitzer et al., 2011) revive the about 600 million year old development of multicellular tissues including the recipe

for hierarchically mineralized extracellular matrix (Figure 1). This implies specific needs: an organic matrix tailored at the nanoscale for nucleating minerals and crystals. The major insoluble chitinous part of the matrix is synthesized by glycosyltransferases. The mollusc chitin synthase (Weiss et al., 2006) expressing *Dictyostelium* will serve as a model system for further work, in particular for mechanotransduction in the context of biomineralization.

Conclusion / Outlook

Myosin chitin synthase expressing *Dictyostelium* are a novel tool and universally interesting for testing the function of biomineralization proteins in emerging chitin matrices on a cell biological and biophysical level, including cell aggregates and tissue formation. Thus, a very basic understanding of the influence of material properties on life can be achieved while they are being fabricated.

Schönitzer, V., N. Eichner, H. Clausen-Schaumann, and I.M. Weiss, 2011. Transmembrane myosin chitin synthase involved in mollusc shell formation produced in *Dictyostelium* is active. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 415: 586-590.

Weiss, I.M., V. Schönitzer, N. Eichner, and M. Sumper, 2006. The chitin synthase involved in marine bivalve mollusk shell formation contains a myosin domain. *FEBS Letters* 580: 1846-1852.

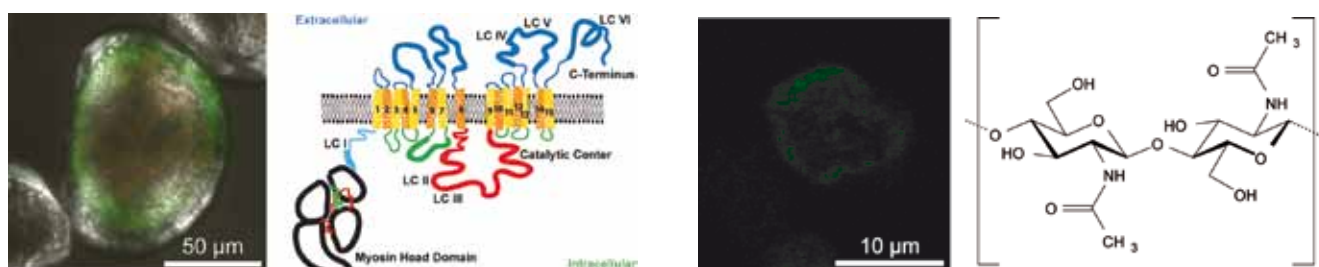


Figure 1: Mollusc shells are formed by tissues which express a myosin chitin synthase (left image, green signal and scheme left, (Weiss et al., 2006)). The myosin chitin synthase expressing *Dictyostelium* cell lines (Schönitzer et al., 2011) produce chitin (scheme right) on their cell surface (right image, green signal).



Introduction

Prosthetic valve thrombosis (PVT) is a serious complication of both mechanical and bio-prosthetic heart valves. Although PVT occurs with low incidence, it is a potentially fatal complication. Symptoms may be non-specific to be detected at very early stages and this may rapidly lead to death. A prompt diagnosis is therefore necessary. In 2011, the Program Division CVD/Biosurfaces started coordinating a multinational project (HeartSen) which aims at fabricating a new magnetic sensor allowing the early detection of the PVT and at developing surfaces which minimize thrombosis.

Details of HeartSEN Project

PHV leaflets coated with bi-layer of magnetic (iron oxide) and hemocompatible films (diamond like carbon) will be developed. These coated leaflets will be tested using an *ex vivo* shunt. Within the shunt system, an external magnetic field of a few kHz will be applied, and the magnetization signal will be acquired. The movement of the leaflets, at a cardiac simulated rhythm, will induce a modulation in the amplitude of the signal and this can be analyzed with the help of an amplifier. In case of thrombosis, the accumulated mass over PHV will lead to further modulation or noises which can be precisely detected.

Primary Results

Prior to the development of magnetic thin film, we synthesized a hemo-compatible surface which will be used as the top-coating. The developed surface consists of a Diamond Like Carbon (DLC) disposed on a titanium oxide (TiO_x) layer. While the DLC layer provides low friction and hardness, the TiO_x layer improves adhesion strength and wear resistance. In addition, the DLC/ TiO_x bi-layer prevents the leaching of metallic ions from the implant into the body. Our preliminary results show that a prepared DLC/ TiO_x bi-layer reduces the platelet adhesion significantly in comparison to pure a DLC layer (Figure 1). In this context, we explore the effect of the TiO_x layer on the final characteristics of DLC such as sp^2/sp^3 ratio and morphology.

Conclusion / Outlook

This new magnetic sensor concept will permit the analysis of early detection of mechanical heart valve malfunction.

This can reduce valve-related mortality and permit administration of less anticoagulation medication. Our first findings concerning a hemocompatibility of DLC/ TiO_x bi-layer need further *in vitro* tests and animal testing is also necessary to statistically validate these findings. Developed surfaces will be tested for other blood contacting implant applications, for instance stents.

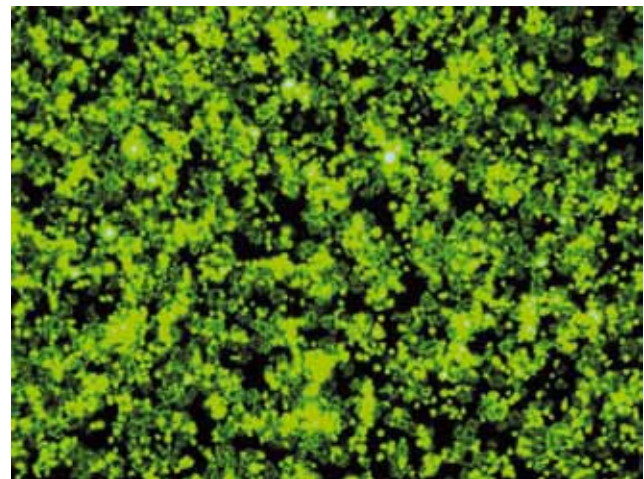
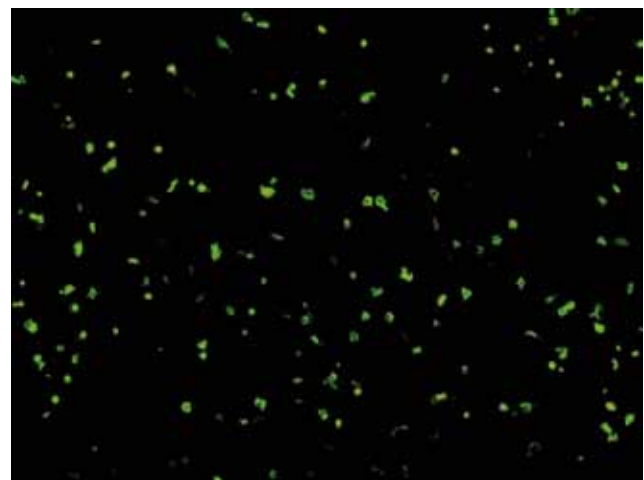


Figure 1: Fluorescence images of platelets on (top) DLC and (bottom) DLC/ TiO_x bi-layer coated glass slides.

Tribologisches Komposit mit integriertem Korrosionsschutz - Tribological composite with integrated corrosion protective function

Dr. Carsten Becker-Willinger, Christoph Kasper, Nanomere / Nanomers

Introduction

To reduce friction between two moving surfaces, grease or oil is usually added as a lubricant. This hydrodynamic lubrication leads to very low friction coefficients in the range below $\mu = 0.05$. As over loading time the grease may disappear or crosslink internally, the equipment is liable to increased maintenance and costs. Alternative low friction coatings derived from polymeric binders and solid lubricants usually achieve friction coefficients between $\mu = 0.1$ and 0.2, but without any corrosion protection.

Approach

In the Program Division *Nanomers*, a new coating system was developed that avoids common drawbacks of low friction coatings. The materials base is a pigmented composite which combines a low friction coefficient with a primerless adhesion on metals, a significant abrasion resistance and a high barrier against the diffusion of water vapor and corrosive media. It is important that the addition of platelet type particles to a low friction coating with solid state lubricants led to a further reduction in the friction coefficient. This finding could be explained by a specific fine morphology with particle arrangements at the nanoscale which has not been described before.

Results

Experiments have shown how the combination of a dispersing additive with a pigment in a polymer matrix leads to a significant decrease of the friction coefficient in the initial phase of the sliding experiment which then vanishes due to missing abrasion resistance. Further addition of hexagonal boron nitride (BN) as solid state lubricant leads

to a reduced friction coefficient over the whole sliding distance. The best balance between sliding properties and wear resistance is obtained when particles with limited hardness are used. If such conditions are set properly, a friction coefficient of $\mu = 0.07$ to 0.09 is gained over a sliding distance of 1 km.

The coatings are typically applied on metals or plastics by spray coating and furnace curing. Corroding metals can be coated without previous priming. Coated on mild steel, a layer with a thickness of about 40 μm shows more than 300 h stability in the salt spray test without sub-surface migration or delamination. In some cases, more than 1200 h stability was realized. Furthermore, the coatings show hydrophobic as well as oleophobic behavior as shown by static contact angles against water (105°) and hexadecane (55°). Figure 1 shows an SEM image of the coating. Besides the platelet shaped particles, smaller BN particles are visible. The fine morphology is supposed to be responsible for the excellent combination of barrier and friction properties.

Conclusion

It was shown that low friction properties could be combined with a corrosion protective function using a single layer composite approach with a specific fine morphology originating in a kind of self-organization. The approach is versatile and can fulfill requirements of a large variety of possible applications.

INM-Patentanmeldung „Pigmentiertes, feinstrukturiertes tribologisches Kompositmaterial“ eingereicht im Dezember 2011

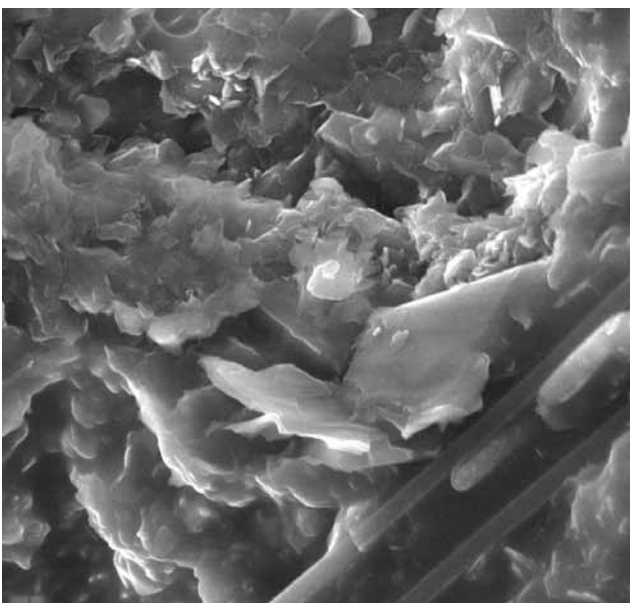


Figure 1: Cross sectional view of the low friction coating.



Introduction

In 2011, the office *Project Support and Technology Transfer* successfully acquired the BMBF-funded project “Sektorale Verwertung” as part of the high-tech Strategy 2020 of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The aim of this project is to identify further potential of research results and to develop new opportunities for technology transfer.

Combination of economic and scientific expertise

The BMBF funding initiative considers the collaboration of a scientific institute with a business-oriented third party as a promising combination to strengthen technology transfer. For this purpose, the INM established a partnership with an external agency, the “engage AG” from Karlsruhe, which contributes technology assessments and market experience to the project.

In consequence, the *Project Support and Technology Transfer* office was complemented with strong economical background. Thereby, the combination of both economic and scientific expertise is now located directly at INM. Thus, an improved concept for technology transfer, specifically adapted to the needs of INM, can be developed and implemented. This will be done in a systematic process, ranging from identification of market-relevant technologies to a concrete valorization of promising research results. The project can consequently make a significant contribution to an enhance-

ment of external funding, and therefore is of particular importance for the INM.

Established structures and outlook

In collaboration with the “engage AG”, use-of-potential analyses to identify relevant markets have been carried out in discussions with INM scientists aiming to find research partners for specific applications. Furthermore, workshops on research applications were held and the “Electronic Research Funding Information System, ELFI”, which directly provides scientists with information on funding opportunities, was initialized.

Since the beginning of the project, the *Project Support and Technology Transfer* office has been developing and implementing service structures that support scientists in the successful acquisition of projects to make external fundraising more efficient. The project “Sektorale Verwertung” is consequently seen as a starting point to stabilize the improved structures on a time scale beyond the actual duration of funding.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

The aim

Biominerals show hierarchical structures of inorganic minerals and biopolymers and often exhibit excellent mechanical properties (Figure 1). Additional characteristics of technical interest are e.g. barrier function, optical properties, and insulation performance. The chemical characteristics of biogenic materials could also be interesting, for example providing enhanced stability under acidic conditions.

The task force *Biogenic Materials* has been set up with the objective to investigate the potential and the limits of biogenic materials prepared via biomineralization. An interdisciplinary team from five Program Divisions and the Service Group *Analytics* has examined various aspects in this broad field. Various approaches could be carved out which should allow using biogenic or bioinspired materials in the engineering of new materials for technical applications.

From biominerals to applied new materials

Initially the task force had to evaluate the potential for a successful use of biogenic materials in technological processes. Biogenic materials will be competing with the es-

tablished technological materials. Economic criteria like (bio)availability, abundance, sustainability, innovation potential and the quality of the resource had to be taken into account to come to a realistic estimation of the potential value of biogenic materials in engineering. Finally, the possibility of a realization on a technological scale in a medium term had to be considered also.

In this context, it was of interest for the group which kind of materials or applications are promising. Also, it is essential to focus on biogenic, mineral raw materials or the bioinspired development of hierarchical materials with strong potential for the creation of an innovative material. Bioinspired and biotechnological approaches can extend template-guided (controlled) cultivation with cells or organisms.

Results – where can we go?

The application of biogenic raw materials for the assembly of ceramic nanoparticles and composite components as well as the bioinspired synthesis of particles and cultures in biomineralizing organisms are promising fields of activity with regard to potential applications. Biogenic minerals like SiO_2 from rice straw have been used in technological processes for already over 20 years. Bioinspired materials are explored in basic research, and some mechanisms of biomineralization were disclosed and used for the proof of concept in bioinspired synthesis of materials. The research should provide a base to obtain experience in the above mentioned areas. From here, there are several ways to proceed:

- Ceramic nanoparticles and composite components from biogenic and industrial raw materials will be compared.
- The most innovative but also time consuming route includes bioinspired methods in materials development.
- Last but not least, the research for biological templates combined with self assembling processes exhibits the most ambitious and risky route.

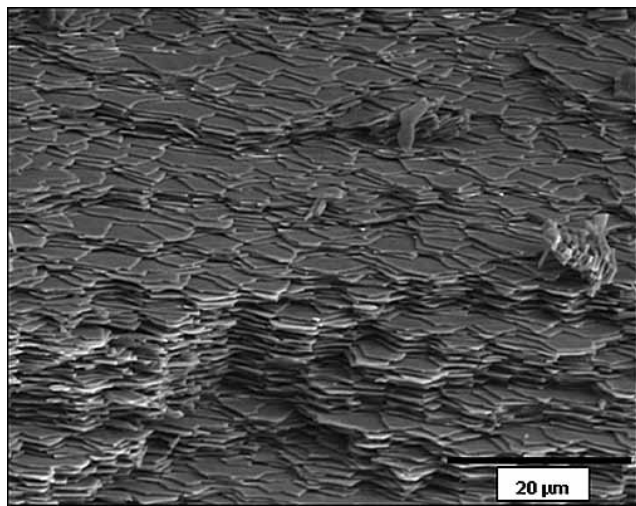


Figure 1: Fundamental insights into biomineralization mechanisms are obtained by studying the formation of nacre as a natural example. The SEM image shows the typical nacreous layer of a mollusc shell.



Figure 1: Coffee is an essential element of scientific discussions.

Sometimes, it does not have to be a big conference: a “Mini-Symposium” may be just right to improve understanding, correct misconceptions and create new ideas. In October 2011, the Junior Research Group *Structure Formation* at INM organized such a small one-day meeting to discuss results and research directions in the field of nanoparticle assembly. The occasion attracted visitors from Saarland University and some external researchers who contributed their results (Figure 1). The day was filled with short talks and intense discussions.

A day of talks and discussions

Philip Born and Jonas Becker, both from the *Structure Formation* Group, presented their results on the agglomeration morphology of bulk-destabilized gold nanoparticles and the analysis of the particles’ mobility in dry form. The fruits of a successful collaboration between him and the *Structure Formation* Group were shown by Dr. Tihamer Geyer of Saarland University. He shared simulation results on the particle agglomeration processes, which he obtained using Brownian Dynamics simulations usually applied to proteins. Lydia Liebscher from the Technical University of Dresden was next to present results on the assembly of semiconductor nanoparticles (Figure 2). She focused on the alignment of crystal planes of various nanoparticles during assembly, experiments rather complementary to those performed at INM.

In the afternoon, more talks were given by scientists from both INM and Saarland University. We heard Dr. Ulf Wer-

ner’s and Dr. Karsten Moh’s insights into two-dimensional crystallization of nanoparticles, obtained using new software developed by Dr. Werner that analyzes images of assemblies and predict geometries through simulation. Johann Lacava, a PhD student in the *Structure Formation* Group, explained how to prepare supraparticles by confining nanoparticles in emulsions. Her particles do not segregate to the interface, but those of Volker Schön from PD Patrick Huber’s group at Saarland University do, and he analyzed the process with X-ray diffraction measurements on particle assemblies at gas-liquid interfaces. Prof. Rolf Hempelmann, the chair of Physical Chemistry, showed his group’s work on nanostructured electrodes, a clever application of particle packings. Christian Zeitz visited us from Prof. Karin Jacobs’ group and explained their way of characterizing surface structures using quantitative measures.

The first but not the last of its kind

The Mini-Symposium started discussions that did not end there. Collaboration with the TU Dresden was arranged, the shape of future projects in nanoparticle assembly became clearer. But first and foremost, it provided a pleasant and engaging environment for discussions and the creation of new ideas.

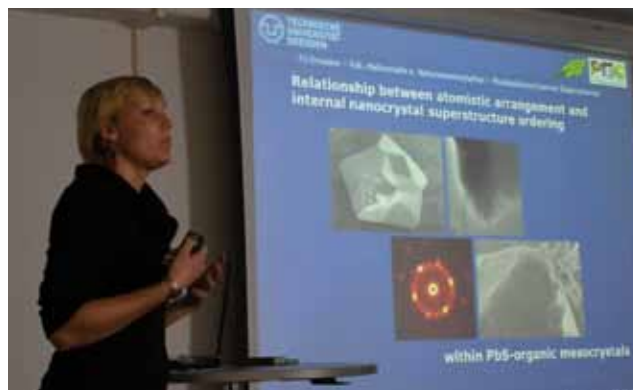


Figure 2: Lydia Liebscher, Technical University of Dresden, presents her insights on nanoparticles aligning during assembly.



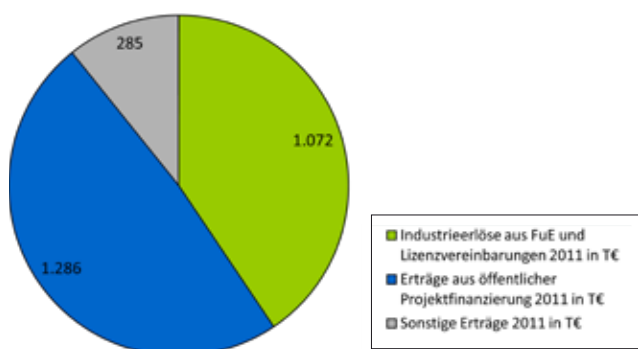
Fakten und Zahlen - Facts and Figures



Das INM 2011 in Zahlen - INM 2011 in figures

Finanz- und Ertragslage / Vermögenslage der Gesellschaft

Als Forschungseinrichtung der Leibniz-Gemeinschaft hat das INM auch im Haushaltsjahr 2011 eine gemeinsame Förderung durch den Bund und die Länder erhalten. Diese belief sich auf 15.478 T€; hiervon 11.438 T€ zur Finanzierung von Personal- und Sachaufwendungen sowie 4.040 T€ für erforderliche Neu- und Ersatzinvestitionen.



Die Zuwendung 2011 erfolgte auf dem Niveau des Vorjahres. Während die Haushaltsmittel zur Finanzierung des sogenannten Kernhaushalts des INM um 5% gesteigert wurden, lief eine Sonderfinanzierung zum Aufbau neuer Forschungsschwerpunkte in den Jahren 2008 bis 2010 aus.

Im Geschäftsjahr 2011 erzielte das INM – Leibniz-Institut für Neue Materialien eigene Erlöse aus Forschung und Entwicklung sowie sonstige betriebliche Erträge in Höhe von 2.643 T€. Im Rahmen öffentlicher Projektfinanzierungen erzielte das INM im Jahr 2011 Erlöse in Höhe von 1.286 T€. Die Industrielerlöse aus Forschung und Entwicklung sowie aus Lizenzvereinbarungen beliefen sich auf 1.072 T€. Sonstige Erträge in Höhe von 285 T€ resultierten überwiegend aus der Weiterbelastung von Gebäude-, Patent- und sonstigen Kosten.



Der Gesamtumsatz 2011 der Gesellschaft betrug 18.276 T€. Die Erhöhung gegenüber dem Vorjahr resultiert in erster Linie daraus, dass bereits in 2010 zugeflossene Zuwendungsmittel nunmehr im Geschäftsjahr 2011 aufgewen-

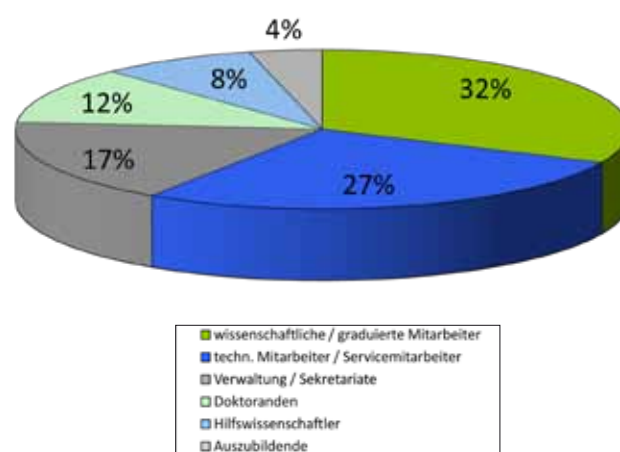
det wurden; entsprechend veränderte sich der bilanzierte Ausgleichsposten der öffentlichen Hand.

Die Bilanzsumme der Gesellschaft zum 31. Dezember 2011 beträgt 21.064 T€; gegenüber dem Vorjahr eine Erhöhung um 660 T€. Während sich das Anlagevermögen deutlich um 1.694 T€ erhöhte, ist für das Umlaufvermögen eine Verringerung um 1.052 T€ festzustellen. Die Investitionstätigkeit in Höhe von 4.076 T€ überstieg im Geschäftsjahr 2011 erneut deutlich die Abschreibungen in Höhe von 2.382 T€. Die Verbindlichkeiten der Gesellschaft beliefen sich zum Bilanzstichtag auf 1.066 T€, gegenüber dem Vorjahr eine deutliche Verringerung um 1.105 T€.

Personalentwicklung

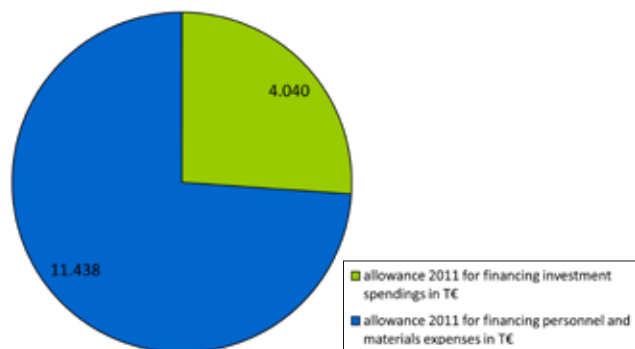
Die Anzahl der Beschäftigten belief sich im Durchschnitt des Jahres 2011 auf 181 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Hiervon waren 58 wissenschaftliche und graduierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, 21 Doktorandinnen und Doktoranden, 50 Beschäftigte in den Bereichen Labor, Technik und Service sowie 15 Hilfwissenschaftlerinnen und Hilfwissenschaftler. In den Bereichen Verwaltung und Sekretariate waren 31 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt. Des Weiteren befanden sich im Jahresdurchschnitt 2011 sieben Azubis in der Ausbildung.

Personal nach Beschäftigtengruppen 2011



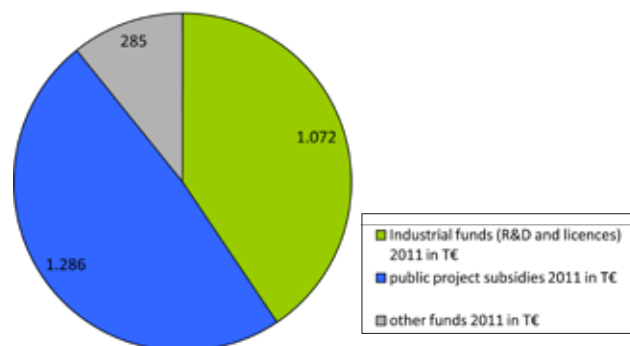
Financial and income situation of the corporation

As a research institute of the Leibniz Association, INM received common financial support from the federal government and the federal states in the financial year 2011. This support amounted to 15,478 T€; 11,438 T€ of those were used for financing personnel and materials costs and 4,040 T€ for new and replacement investments.



The financial contribution 2011 was made at the level of the previous year. Whereas the “core budget” of INM was increased by 5 %, a special funding for the establishment of new research areas in the years 2008 to 2010 expired.

In the financial year 2011, INM – Leibniz Institute for New Materials generated own proceeds from research and development as well as from other operating income amounting to 2,643 T€. Within the scope of public project financing, INM generated proceeds amounting to 1,286 T€ in 2011. The industry revenues from research and development as well as from patents/licences amounted to 1,072 T€. Other income amounting to 285 T€ resulted mainly from the cost transfer for expenditures on buildings, patents and others.



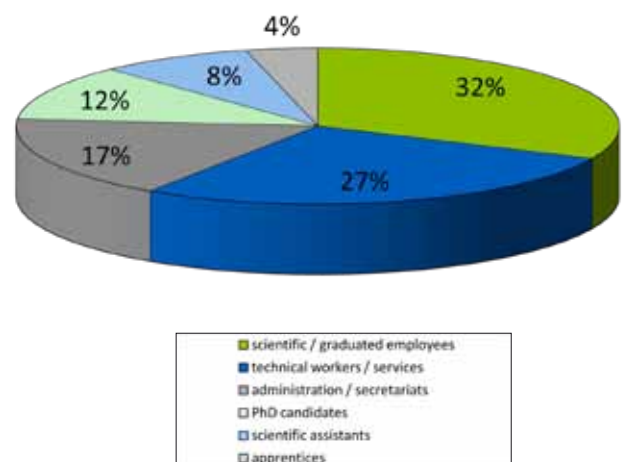
In 2011, the total turnover of the corporation added up to 18,276 T€. The increase compared to the previous year resulted primarily from the fact that financial contributions, already received in 2010, were spent in the financial year 2011; the balanced adjustment item of the public authorities changed correspondingly.

The balance sheet total of the corporation is 21,064 T€ on 31 December 2011, which is an increase of 660 T€ compared to the preceding year. Whereas the non-current assets significantly increased by 1,694 T€, the current assets decreased by 1,052 T€. The investment activity amounting to 4,076 T€ significantly exceeded again the write-offs amounting to 2,382 T€ in the financial year 2011. The liabilities of the corporation amounted to 1,066 T€ up to the balance sheet date - a significant decrease by 1,105 T€ compared to the previous year.

Personnel development

The average number of employees totalled 181 in 2011. This figure included 58 scientific and graduate employees, 21 doctoral candidates and 50 employees in the laboratories and the technical services as well as 15 graduate assistants. 31 employees worked in the administration and secretarial offices. Furthermore, seven apprentices were in vocational training in the course of the year 2011.

Categories of employees 2011





Mitglieder des Kuratoriums - Members of the Board of Directors

Mitglieder des wissenschaftlichen Beirats - Members of the Scientific Board

Mitglieder des Kuratoriums - Members of the Board of Directors

Stand / Status: 31.12.2011

Dr. Clemens Bockenheimer

Airbus Operations SAS, Toulouse, Frankreich

Jochen Flackus

Leiter Abteilung C - Technologie
Ministerium für Wirtschaft und Wissenschaft des Saarlandes,
Saarbrücken

Staatssekretär Peter Hauptmann

Ministerium für Wirtschaft und Wissenschaft des Saarlandes,
Saarbrücken
- Vorsitzender -

Dr. Max Häring

Vorstandsvorsitzender a. D.
Landesbank Saar, Saarbrücken

Prof. Dr. Volker Linneweber

Präsident
Universität des Saarlandes, Saarbrücken
- stv. Vorsitzender -

Dr. Gerhard Langstein

Head of New Technologies
Bayer MaterialScience AG, Leverkusen

Prof. Dr. Dr.-Ing. E.h. Kurt Mehlhorn

Wissenschaftlicher Direktor
Max-Planck-Institut für Informatik, Saarbrücken

Prof. Dr.-Ing. Frank Mücklich

Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Dr. Peter W. de Oliveira

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
INM gGmbH, Saarbrücken

RD Wolfgang Raber

Leiter Referat C/5 – Beteiligungen des Landes
Ministerium der Finanzen des Saarlandes, Saarbrücken

Ralf Zastra

Vorstandsvorsitzender
Nanogate AG, Göttelborn

MinRat Dr. Herbert Zeisel

Leiter Referat 511 – Neue Werkstoffe, Nanotechnologie
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn
- stv. Vorsitzender -

Mitglieder des wissenschaftlichen Beirats - Members of the Scientific Board

Stand / Status: 31.12.2011

Prof. Dr. Rainer Birringer

Lehrstuhl für Technische Physik
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Detlef Busch

Treofan GmbH & Co. KG, Neunkirchen

Dr.-Ing. Klaus Harste

Vorstandsvorsitzender
Saarstahl AG, Völklingen

Dr. Gerhard Langstein

Head of New Technologies
Bayer MaterialScience AG, Leverkusen
- Vorsitzender -

Dr. Christiane Friederike Lindner

Abteilung CP/ABW3-MG
Robert Bosch GmbH, Stuttgart

Prof. Dr. Andreas Mortensen

École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
Lausanne, Schweiz

Prof. Dr. Martin Möller

Direktor des DWI und Lehrstuhl für Textilchemie und Makro-
molekulare Chemie
RWTH, Aachen

Prof. Dr. Thomas Speck

Lehrstuhl für Funktionelle Morphologie und Bionik und Direk-
tor des Botanischen Gartens
Universität Freiburg

Prof. Dr. Günther Tränkle

Direktor
Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenz-
technik, Berlin
- stv. Vorsitzender -

Prof. Dr. Gerhard Wenz

Lehrstuhl für Organische Makromolekulare Chemie
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Aktivitäten in Gremien - Activities in committees

Aktivitäten in Gremien - Activities in committees

Dr. Jens Adam

Referee bei Zeitschrift:

Journal of the American Ceramic Society

Dr. Cenk Aktas

Referee bei Zeitschriften:

Central European Journal of Physics, Langmuir, Materials Science and Engineering C

Prof. Dr. Eduard Arzt

Professor für Neue Materialien, Universität des Saarlandes

Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina
Korrespondierendes Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Vorsitz Leibniz-Netzwerk Nano

Mitglied bei

- Aufsichtsrat des LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH
- Strategiebeirat, Material Engineering Centre Saarland (MECS), Saarbrücken
- Wissenschaftlicher Beirat der Alfried Krupp von Bohlen und Halbach Stiftung, Essen
- Internationaler Beirat der Christian-Doppler-Gesellschaft, Wien
- Beirat der ProcessNet Fachgruppe Nanotechnologie, DECHEMA
- Mitglied Berufungskommission „Professur Leichtbausysteme“ Universität des Saarlandes
- Mitglied Berufungskommission „Materialsynthese und Werkstoffentwicklung“, Universität des Saarlandes
- Mitglied Berufungskommission „Experimentelle Methodik der Werkstoffwissenschaft“, Universität des Saarlandes
- Advisory Board, Symposium G “Emboding Intelligence in Structures and Integrated Systems – II” of CIMTEC 2012, Montecatini Terme, Italy, June 10-15, 2012
- Scientific Advisory Board, BIT's 1st Annual World Congress of Nano-S&T, October 23-26, 2011, Dalian, China
- Scientific Committee, Konferenz “Smart Structures and Materials” (SMART'11), Saarbrücken, July 6-8, 2011
- Scientific Committee, SPIE-Konferenz “Smart Sensors, Actuators and MEMS”, Prag, April 18-20, 2011
- Scientific Committee, geplantes IUTAM Symposium “Mechanics of Soft Active Materials”, Technion – Israel Institute of Technology 2011/2012

Editor der Reviewzeitschrift Progress in Materials Science

Mitglied im Editorial Board / Advisory Board der Zeitschriften:

Advanced Engineering Materials, International Journal of Materials Research, Materials Science and Engineering C: Materials for Biological Applications, Journal of Surfaces and Interfaces in Materials, Encyclopedia of Nanotechnology

Referee bei Zeitschriften (Auswahl):

Advanced Functional Materials, Advanced Materials, Advanced Materials Research (AMR), Journal of the Royal Society Interface, Langmuir

Gutachtertätigkeit für (Auswahl):

BMBF - Auswahl von Forschungskollegs (Projektskizzen), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., NSF Materials

World Network (NSF Division of Materials Research (DMR), The Minerals, Metals & Materials Society (TMS), TU München, TU-Wissenschaftspreis 2011 der Technischen Universität Wien, US-Israel Binational Science Foundation (BSF)

Prof. Dr. Roland Bennewitz

Adjunct Professor, Physics Department der McGill University, Montreal, Canada

Honorarprofessor der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Berufung in das Prüfungsamt für das Lehramt an Schulen

Mitglied der Habilitationskommission Dr. Bienert

Stellvertretendes Mitglied des Prüfungsausschusses Studiengang Mikrotechnologie und Nanostrukturen

Mitglied des Programmkomitees “Friction, Wear and Wear Protection Conference”, Karlsruhe, October 26-28, 2011

Referee bei Zeitschriften:

Beilstein Nano, Carbon, IEEE/ASME, Langmuir, MRS Proceedings, Nature Materials, Physical Review B, Physical Review Letters, Progress in Materials Science, Thin solid films, Tribology letters, Wear

Gutachtertätigkeit für:

National Science Foundation, Arlington, TX, USA, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Israel Science Foundation, Swiss National Science Foundation

Dr. Annette Kraegeloh

Mitglied des Dechema-Arbeitskreises “Responsible Production and Use of Nanomaterials”

Referee bei Zeitschriften:

ACS Nano, Progress in Materials Science

Dr. Tobias Kraus

Organisator des Mini-Symposiums, “Anordnungsmechanismen von Nanopartikeln”, INM, Saarbrücken, October 27, 2011

Session chair, Symposium FF4, MRS Fall Meeting, Hynes Convention Center Boston, MA, USA, November 29, 2011

Referee bei Zeitschriften:

Applied Physics Letters, Colloids and Surfaces A, Journal of Colloid and Interface Science, Langmuir

Gutachtertätigkeit für:

German-Israeli Foundation for Scientific Research and Development

Dr. Mario Quilitz

Koordinator Leibniz-Netzwerk Nano

Mitarbeit im Round Table Lateinamerika des BMBF

Referee bei Zeitschriften:

Electrochemical and Solid State Letters, International Journal of Nanomedicine, Materials Chemistry and Physics, Solid State Ionics

Dr. Roland Rolles

Mitglied im

- Beirat der Lucie-Bolte-Stiftung
- Beirat des cc-NanoBioNet e.V.



Auszeichnungen - Awards

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael Veith

Berater des INM

Seniorprofessor für Anorganische und Allgemeine Chemie der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Berater der Universität Lyon, France

Bevollmächtigter der DFH für den Studentenaustausch mit Strasbourg, France (ECPM)

Externes Beratungsmitglied, LCC Toulouse, France

Sprecher, Internationales Graduiertenkolleg GRK 532

Leiter Frankreichzentrum, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Vorstand des AGeNT-D Netzwerk der nationalen Kompetenzzentren für Nanotechnologien und Nanoanalytik

1. Vorsitzender des cc-NanoChem

Vorstandsmitglied, International Ring Systems (IRIS), International Meetings: Germanium, Tin, Lead (GTL)

Mitglied bei:

- Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz
- Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Halle
- Fellow of the Royal Society of Chemistry, London, UK
- Wissenschaftlicher Beirat, Papiertechnische Stiftung PTS, München
- Ecole Doctorale Metz-Nancy, France
- Expertengruppe Metropolprojekt Saarbrücken - Moselle Est, France
- Verwaltungsrat der EEIGM Nancy, France
- Arbeitsausschuss Angewandte Anorganische Chemie DECHEMA e.V.

Mitglied im Editorial Board / International Advisory Board der Zeitschriften:

New Journal of Chemistry (NJC), Comptes Rendus, Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic, and Nano-Me-

tal Chemistry (European Ed.), Anorganische und Allgemeine Chemie ZAAC

Referee bei Zeitschriften:

Acta Biomaterialia, Chemical Communications, Chemistry - A European Journal, Chemistry of Materials, Inorganic Chemistry, International Journal of Hydrogen Energy, Material Science and Engineering C Photonics and Nanostructures - Fundamentals and Applications, Surface and Coatings Technology Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie ZAAC

Gutachtertätigkeit für:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), French National Research Agency im Programm "Laboratories of Excellence (Labex)", Qiagen Innovation Award

PD Dr. habil. Ingrid Weiss

Mitglied des Programmkomitees CECAM Workshop "Grand Challenges in Understanding, Interfaces between Hard and Soft Matter", EPFL Lausanne, May 11-14, 2011

Referee bei Zeitschriften:

African Journal of Agricultural Research, Biochemical Journal, Chemistry of Materials, ChemBioChem, European Journal of Inorganic Chemistry, International Journal of Mechanical Sciences, Journal of Materials Chemistry, Journal of Structural Biology, Journal of the Royal Society Interface, Nature Chemical Biology, Plant and Cell Physiology

Gutachtertätigkeit für:

European Calcified Tissue Society (ECTS), US-Israel Binational Science Foundation (BSF)

Auszeichnungen - Awards

Prof. Dr. Eduard Arzt

Lee Hsun Lecture Award 2011, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, China

Dr. Magdalena Eder

Fotowettbewerb "Nanotechnologie" von AGeNT-D, cc-NanoBio-Net und CeNTech, 3. Preis

Philip Egberts

„Postdoctoral Fellowship“, Forschungsförderungsorganisation NSERC, Kanada

Philip Egberts, Prof. Dr. Roland Bennewitz

2nd International Workshop on Advanced Atomic Force Microscopy Techniques, Karlsruhe Institute of Technology, 3. Platz Posterpreis

Dadhichi Paretkar

"Peebles Award for Graduate Student Research in Adhesion Science", Adhesion Society, USA

Dadhichi Paretkar

"Alan Gent Distinguished Student Paper Award", 2. Platz, Adhesion Society, USA



Abgeschlossene Dissertationen - Completed doctoral theses

Abgeschlossene Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten - Completed bachelor, master and diploma theses

Abgeschlossene Dissertationen - Completed doctoral theses

Dissertationen am INM - Doctoral theses at INM

Kroner, Elmar

Adhesion measurements on patterned elastomeric surfaces
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diss (2011), Prof. Dr. E. Arzt

Lehnert, Tobias

Herstellung und Charakterisierung dielektrischer und ferroelektrischer Komposite
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diss (2011), Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Rügamer, Thomas

Prozessentwicklung zur Herstellung von Zinnoxid- und Zirkoniumoxidschichten in der plasmaunterstützten chemischen Gasphasenabscheidung
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diss (2011), Prof. Dr. S. Mathur

Von INM-Wissenschaftlern betreute Dissertationen - Doctoral theses supervised by INM scientists

Egberts, Philip

Plasticity experiments with single dislocation resolution in indentation and wear
McGill University, Montreal, Canada, Diss (2011), Prof. Dr. R. Bennewitz

Kolano, David

Supramolekulare Aspekte eines Alumopolysiloxans "(Ph₂SiO)₈[Al-IO(OH)]₄ * 4 Et₂O" mit organischen Basen
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diss (2011), Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Low, Yin Fen

Phase synchronization of large-scale neural correlates
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diss (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Abgeschlossene Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten - Completed bachelor, master and diploma theses

Masterarbeiten am INM - Master theses at INM

Thobae, Marc

Nachweis der heterologen Expression von fluoreszierenden Proteinen und deren Transport in die Zellwand von *Nicotiana benthamiana*
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Master (2011), PD Dr. habil. I. M. Weiss

Bachelorarbeiten am INM - Bachelor theses at INM

Bauer, Jessica

Alterung von Goldnanopartikeln durch Desorption von Dodecanthiol
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. E. Arzt

Becker, Jonas Nils

Mobilität von Nanopartikeln in dichtgepackten Strukturen
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. E. Arzt

Burger, Karin

Lumineszenz von Gecko-inspirierten Oberflächen und Klebebändern
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. R. Bennewitz

Cekin, Semra

Entwicklung intelligenter Implantatmaterialien für Schleimhautoberflächen
HTW, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Frindert, Jens

Import von Siliziumdioxid-Nanopartikeln in den Nucleus von humanen Lungenepithelzellen
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. E. Arzt

Hoth, Judith

Mechanismen von Reibung und Verschleiß auf Graphen
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. R. Bennewitz

Jendrzejewski, Christian

Untersuchung von Erstarrungsfronten in Dimethylsulfoxid mittels Rasterkraftmikroskopie
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. R. Bennewitz

Micciché, Maurizio

Einfluss der Spitzen-Geometrie auf die Adhäsion von Makrosäulen
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. E. Arzt



Von INM-Wissenschaftlern betreute Diplomarbeiten - Diploma theses supervised by INM scientists

Walgenbach, Andreas

Synthese von Aluminiumamiden und deren Einsatz im MOCVD Prozess
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Dipl. (2011), Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Von INM-Wissenschaftlern betreute Masterarbeiten - Master theses supervised by INM scientists

Bohr, Andreas

Real-time processing of neural auditory processing correlates using C++
HTW, Saarbrücken, Master (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Han, Hyeyoung

Fabrication and characterization of Zn/ZnO nanostructured coating by PVD process
Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Master (2011), Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Özgün, Novaf

Compactly supported radial basis functions for the multivariate approximation of neural field potentials
HTW, Saarbrücken, Master (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Schubert, Kristof

Regularization of 2D event-related potential images
HTW, Saarbrücken, Master (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Von INM-Wissenschaftlern betreute Bachelorarbeiten - Bachelor theses supervised by INM scientists

Faust, Saskia

Normative data of somatosensory evoked potentials from musculocutaneous nerve
HTW, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Friedrich, Ulrike

Habituation bei affektiven VEPs - Gewöhnungsunterschiede bei visuellen Reizen
HTW, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Gonzalez-Trejo, Ernesto

Protocol for transcranial magnetic stimulation: cortical inhibition and development of a placebo system for controlled studies
Universidad Iberoamericana, Mexico City, Mexico, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Mac Kinney, Ángel Otero

Functional magnetic resonance imaging for auditory selective attention studies
Universidad Iberoamericana, Mexico City, Mexico, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Mai, Margarita

Selektive auditorische Aufmerksamkeit - Untersuchung evozierter und oszillatorischer Aktivität
HTW, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Rekrut, Maurice

Habituation bei visuell evozierten Steady-State Potentials
HTW, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Ruszczyk, Lilian

Aufmerksamkeit und ihre Auswirkung auf visuell und auditorisch evozierte Potentiale bei Tinnituspatienten
HTW, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss

Wolter, Jasmin

Selektive Aufmerksamkeit bei der Diskriminierung von Tonparadigmen
HTW, Saarbrücken, Bachelor (2011), Prof. Dr. Dr. D. J. Strauss



TerraX-Reporter mit INM-Gecko-Haftsystem.

Doktoranden - Doctoral Students

Gastwissenschaftler - Guest Scientists

Doktoranden - Doctoral Students

Akkan, M.Sc. Çagri Kaan

Prof. Dr. Dr. M. Hammadeh, Universitätsklinikum des Saarlandes

Balijepalli, M.Sc. Ram Gopal

Prof. Dr. E. Arzt

Born, M.Sc. Philip

Prof. Dr. E. Arzt

Brörmann, M.Sc. Katrin

Prof. Dr. R. Bennewitz

Dufloux, Dipl.-Ing. Cecile

Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Gerstner, Dipl.-Phys. Dominik

Prof. Dr. E. Arzt

Gralla, Dipl. -Werkstoffwiss. Robert

Prof. Dr. R. Bennewitz

Hausen, Dipl.-Chem. Florian

Prof. Dr. R. Bennewitz

Held, M.Sc. Christian

Prof. Dr. R. Bennewitz

Huber, Dipl. -Biophys. Christina

Prof. Dr. E. Arzt

Jochum, Dipl.-Chem. Marlon

Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Kaiser, Dipl.-Ing. (FH), M.Sc. Jessica

Prof. Dr. E. Arzt

Kasper, Dipl.-Chem. Christoph

Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Lacava, Dipl.-Ing. Johann

Prof. Dr. E. Arzt

Lee, M.Sc. Ju Seok

Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Martinez Miró, Dipl.-Ing. Marina

Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith

Narr, M.Sc. Katharina

Prof. Dr. A. K. Kiemer, Universität des Saarlandes

Paretkar, M.Sc. Dadhichi

Prof. Dr. E. Arzt

Soorali Ganeshamurthy, M.Sc. Balakrishna

Prof. Dr. R. Bennewitz

Wählich, Dipl.-Ing. Felix

Prof. Dr. R. Bennewitz

Weber, Dipl.-Biol. Eva

PD Dr. I. Weiß

Gastwissenschaftler - Guest Scientists

Akkan, Çagri Kaan

Türkei

Aktas, Dr. Oral Cen

Türkei

Ali, Dr. Budiman

Republik Indonesien

Balijepalli, Ram Gopal

Indien

Baowan, Dr. Duangkamon

Thailand

Belot, Dr. Céline

Frankreich

Brodoceanu, Dr. Daniel

Rumänien

Caron, Dr. Arnaud

Frankreich

del Pilar Montoya Vazquez, Maria

Mexiko

Dufloux, Cecile

Frankreich

Eder, Dr. Magdalena

Österreich

Edongue, Dr. Hervais

Kamerun

Egberts, Philip

Kanada

Egorov, Dr. Yuri

Russland

Fang, Dr. Cheng

Volksrepublik China

Garcia Morales, María Immaculada

Venezuela

Ghatak, Prof. Dr. Animangsu

Indien

Gomez Renaud, Andres

Mexiko



Publikationen - Publications

Haidar, Ayman

Libanon

Jagota, Prof. Dr. Anand

USA

Kim, Aram

Republik Korea

Kirs, Tatjana

Russland

Lacava, Johann

Frankreich

Lee, Ju Seok

Republik Korea

Lin, Dr. Hechun

Volksrepublik China

Lin, Leyu

Volksrepublik China

Martinez Miró, Marina

Spanien

McMeeking, Prof. Dr. Robert

USA

Micciché, Maurizio

Italien

Mousavi, Sayed Hadi

Iran

Paretkar, Dadhichi

Indien

Pyo, Jinkyung

Republik Korea

Qin, Dr. Enwei

Volksrepublik China

Sengupta Ghatak, Dr. Anindita

Indien

Soares de Carvalho Menezes, Elisabete Henriqueta

Brasilien

Soorali Ganeshamurthy, Balakrishna

Indien

Torrents Abad, Oscar

Spanien

Yoo, Jieun

Republik Korea

Publikationen - Publications

Stand / Status: 01.04.2012

Einzelbeiträge in Sammelwerken / Publications in collected editions

O. C. Aktas and A. Subrahmanyam

Surface engineered coatings on mechanical heart valves: diagnostics of thrombosis, In: EU-India Science and Technology Cooperation Days 2011, December 01-02, 2011, Wien, (2011), p online

C. Bernarding, M. Latzel, D. J. Strauss and F. I. Corona-Strauss

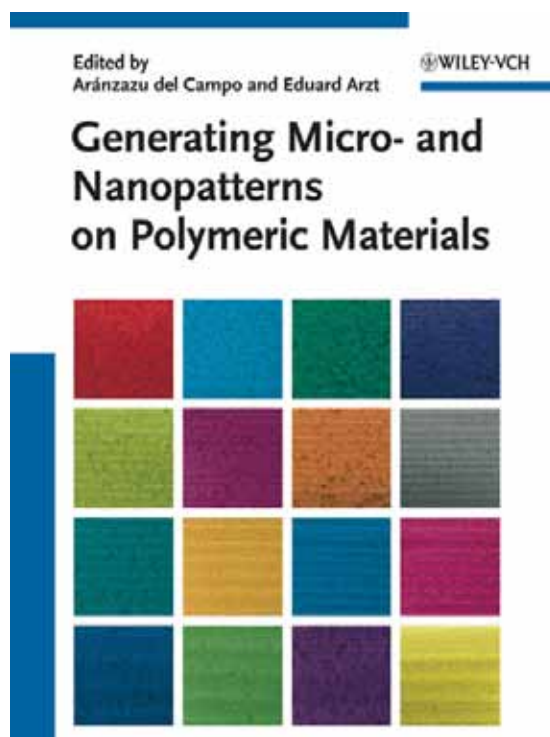
On the objective electrophysiological estimation of listening effort in different age groups, In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011), April 27-May 01, 2011, Cancun <Mexico>, (2011), pp 671-674

C. Bernarding, D. J. Strauss, R. Hannemann, M. Latzel, H. Seidler, U. Jobst, A. Bellaghech, M. Landwehr and F. I. Corona-Strauss

The effects of age and hearing impairment on the extraction of listening effort correlates, In: 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS 2011, August 30-September 03, 2011, Boston <MA, USA>, (2011), pp 2323-2326

C. Bernarding, D. J. Strauss, M. Latzel, R. Hannemann, J. Chalupper and F. I. Corona-Strauss

Simulations of hearing loss and hearing aid: Effects on electrophysiological correlates of listening effort, In: 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biolo-



Buchpublikation von A. del Campo und E. Arzt.

gy Society, EMBS 2011, August 30-September 03, 2011, Boston <MA, USA>, (2011), pp 2319-2322

A. Bohr, C. Bernarding, D. J. Strauss and F. I. Corona-Strauss

Effects of auditory selective attention on chirp evoked auditory steady state responses, In: 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS 2011, August 30-September 03, 2011, Boston <MA, USA>, (2011), pp 2013-2016

M. Busse, M. Vukelic, A. Kraegelo, D. Stevens, J. Rettig, E. Arzt and D. J. Strauss

On the possible effects of nanoparticles on neuronal feedback circuits: A modeling study, In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011), April 27-May 01, 2011, Cancun <Mexico>, (2011), pp 136-139, Art. No.: 5910507

F. I. Corona-Strauss, C. Bernarding, M. Latzel and D. J. Strauss

Syllable evoked auditory late responses: Effects of noise onsets and noise types, In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011), April 27-May 01, 2011, Cancun <Mexico>, (2011), pp 140-143

C. Dufloux, M. Martinez Miró, C. K. Akkan, J. Lee, O. C. Aktas and M. Veith

Decomposition of single source precursors by thermal CVD and PECVD, In: E-MRS 2011 Spring Meeting, May 09-12, 2011, Nice <France>, (2011), 1 S.

E. Gonzalez-Trejo, F. Philipp-Wiegmann, K. D. Römer, P. Reinert, Y. F. Low, S. Bouregghda, W. Retz, M. Rösler and D. J. Strauss

Assessment of cortical inhibition in adult attention-deficit/hyperactivity disorder by paired-chirp auditory evoked potentials, In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011), April 27-May 01, 2011, Cancun <Mexico>, (2011), pp 687-690

E. Gonzalez-Trejo, D. J. Strauss and K. Schwerdtfeger

Transcranial magnetic stimulation (TMS): Development of an alternative placebo system, In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011), April 27-May 01, 2011, Cancun <Mexico>, (2011), pp 580-583

L. Haab, M. Busse, M. Mariam, T. Weis and D. J. Strauss

Detection of a novelty event in the identification of faces in a passive VEP task, In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011), April 27-May 01, 2011, Cancun <Mexico>, (2011), pp 679-682

M. Kamperman, E. Arzt and A. Del Campo

Bioinspired patterned adhesives, In: Generating Micro- and Nanopatterns on Polymeric Materials, A. del Campo and E. Arzt (Eds.), Wiley-VCH: Weinheim, 2011, pp 319-335

J. Lee, C. Bubel, C. K. Akkan, M. Martinez Miró, C. Dufloux, H.-W. Park, O. C. Aktas and M. Veith

Topography and wettability of PEEK surface by hierarchical structuring by laser and plasma treatment, In: E-MRS 2011 Spring Meeting, May 09-12, 2011, Nice <France>, (2011), 1 S.

T. Lehnert, J. Adam and M. Veith

Transparent nanocomposites with high dielectric constant, In: Proceedings of the LOPE-C 2011 - Large-area, Organic and Printed Electronics Convention, June 28-30, 2011, Frankfurt am Main, (2011), pp 103-105

Y. F. Low, K. C. Lim, Y. G. Soo and D. J. Strauss

Feasibility of using the wavelet-phase stability in the objective quantification of neural correlates of auditory selective attention, In: 5th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering, BIOMED 2011, June 20-23, 2011, Kuala Lumpur <Malaysia>, (2011), pp 569-573

Y. F. Low and D. J. Strauss

A performance study of the wavelet-phase stability in the quantification of neural correlates of auditory selective attention, In: 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011), April 27-May 01, 2011, Cancun <Mexico>, (2011), pp 576-579, Art. No.: 5910614

E. Murray, P. Born and T. Kraus

Colloidal polymer patterning, In: Generating Micro- and Nanopatterns on Polymeric Materials, A. del Campo and E. Arzt (Eds.), Wiley-VCH: Weinheim, 2011, pp 171-198

P. W. Oliveira and H. Lin

Application of ionic liquids in photopolymerizable hologram materials, In: 2011 ICO International Conference on Information Photonics, IP 2011, May 18-20, 2011, Ottawa <Canada>, (2011), Article number 5953729

P. W. Oliveira, P. Rogin, M. Quilitz and E. Arzt

Patterned materials and surfaces for optical applications, In: Generating Micro- and Nanopatterns on Polymeric Materials, A. del Campo and E. Arzt (Eds.), Wiley-VCH: Weinheim, 2011, pp 337-360

M. Schem, T. Schmidt, H. Caparrotti, M. Wittmar and M. Veith

Corrosion inhibiting cerium compounds for chromium-free corrosion protective coatings on AA 2024, In: Self-healing Properties of New Surface Treatments, L. Fedrizzi (Ed.), European Federation of Corrosion: 2011, Vol. 58, pp 184-201

G. Schultes, H. Schmid-Engel, A. C. Probst, S. Uhlig, D. Göttel, J. Bock, J. Bambauer, T. Speicher, M. Lambert, R. Koppert, U. Werner, S. Berger and K. Zohar

Nickel-Kohlenstoffsichten für Druck- und Kraftsensoren - Nickel carbon thin films for pressure and force sensors, In: Mikrosystemtechnik-Kongress 2011, October 10-12, 2011, Darmstadt, H. F. Schlaak, Ed., (2011), CD-ROM, 3 S.

Aufsätze in Zeitschriften mit Begutachtungssystem („referierte Zeitschriften“) - Articles in peer-reviewed journals

O. C. Aktas, A. Haidar, M. Martinez Miró, E. Dörrschuck, J. Lee, M. Veith and H. Abdul-Khalik

Improved endothelialisation on nanostructured surfaces, Adv Mat Res 2011, 324, 105-108 [-]



O. C. Aktas, M. Sander, M. Martinez Miró, J. Lee, C. K. Akkan, H. Smail, A. Ott and M. Veith

Enhanced fibroblast cell adhesion on Al/Al₂O₃ nanowires, *Appl Surf Sci* 2011, 257, (8), 3489-3494 [01.793 (2010)]

A. Al-Kahlout, S. Heusing, T. S. Müller, N. Al-Dahoudi, M. Quilitz and P. W. Oliveira

Novel conductive characteristics of ITO:Ti films deposited by spin coating from colloidal precursor, *J Sol-Gel Sci Techn* 2011, 59, (3), 532-538 [01.525 (2010)]

E. Arzt

Nanoscience, *Phys J* 2011, 10, (10), 48 [-]

Y. Bai, C. Jin, A. Jagota and C.-Y. Hui

Adhesion selectivity by electrostatic complementarity. I. One-dimensional stripes of charge, *J Appl Phys* 2011, 110, (5), 054902 [02.064 (2010)]

P. Bauer, R. Elbaum and I. M. Weiss

Calcium and silicon mineralization in land plants: Transport, structure and function, *Plant Sci* 2011, 180, (6), 746-756 [02.481 (2010)]

P. Born, S. Blum, A. Munoz and T. Kraus

The role of the meniscus shape in large-area convective particle assembly, *Langmuir* 2011, 27, (14), 8621-8633 [04.268 (2010)]

A. Caron, A. Kawashima, H.-J. Fecht, D. V. Louzguine-Luzguin and A. Inoue

On the anelasticity and strain induced structural changes in a Zr-based bulk metallic glass, *Appl Phys Lett* 2011, 99, (17), 171907 [03.841 (2010)]

A. Caron, R. Wunderlich, D. V. Louzguine, T. Egami and H.-J. Fecht

On the glass transition temperature and the elastic properties in Zr-based bulk metallic glasses, *Phil Mag Lett* 2011, 91, (12), 751-756 [01.262 (2010)]

G. Castellanos, E. Arzt and M. Kamperman

Effect of viscoelasticity on adhesion of bioinspired micropatterned epoxy surfaces, *Langmuir* 2011, 27, (12), 7752-7759 [04.268 (2010)]

J. Chan, M. Eder, E. F. Crowell, J. Hampson, G. Calder and C. Lloyd

Microtubules and CESA tracks at the inner epidermal wall align independently of those on the outer wall of light-grown Arabidopsis hypocotyls, *J Cell Sci* 2011, 124, (7), 1088-1094 [06.290 (2010)]

P. Egberts and R. Bennewitz

Atomic-scale nanoindentation: detection and identification of single glide events in three dimensions by force microscopy, *Nanotechnology* 2011, 22, (42), 425703 [03.652 (2010)]

B. Girault, D. Eyidi, T. Chauveau, D. Babonneau, P. O. Renault, E. Le Bourhis and P. Goudeau

Copper coverage effect on tungsten crystallites texture development in W/Cu nanocomposite thin films, *J Appl Phys* 2011, 109, (1), 014305 [02.064 (2010)]

H. Gökçe, D. Ağaoğulları, M. Yetmez, O. Gündüz, O. C. Aktas, M. L. Öveçoğlu, I. Duman, S. Agathopoulos and F. N. Oktar

Production and characterization of composites of hydroxyapatite reinforced with nano-yttrium-oxide, *J Biomech* 2011, 44, (Supplement 1), ee6-ee7 [02.463 (2010)]

R. R. Goncalves, Y. Messaddeq, M. A. Aegerter and S. J. L. Ribeiro

Rare earth doped SnO₂ nanoscaled powders and coatings: Enhanced photoluminescence in water and waveguiding properties, *J Nanosci Nanotechnol* 2011, 11, (3), 2433-2439 [01.351 (2010)]

N. N. Gosvami, P. Egberts and R. Bennewitz

Molecular order and disorder in the frictional response of alkanethiol self-assembled monolayers, *J Phys Chem A* 2011, 115, (25), 6942-6947 [02.732 (2010)]

N. N. Gosvami, M. Feldmann, J. Peguiron, M. Moseler, A. Schirm-eisen and R. Bennewitz

Ageing of a microscopic sliding gold contact at low temperatures, *Phys Rev Lett* 2011, 107, (14), 144303 [07.622 (2010)]

M. Grewer, J. Markmann, R. Karos, W. Arnold and R. Birringer

Shear softening of grain boundaries in nanocrystalline Pd, *Acta Mater* 2011, 59, (4), 1523-1529 [03.781 (2010)]

I. Grobelsek, B. Rabung, M. Quilitz and M. Veith

Electrochemical synthesis of nanocrystalline zinc oxide and phase transformations of zinc hydroxides, *J Nanopart Res* 2011, 13, (10), 5103-5119 [03.253 (2010)]

L. Haab, C. Trenado, M. Mariam and D. J. Strauss

Neurofunctional model of large-scale correlates of selective attention governed by stimulus-novelty, *Cogn Neurodynamics* 2011, 5, (1), 103-111 [01.625 (2010)]

A. Haidar, M. Martinez Miró, J. Lee, C. K. Akkan, S. Brück, K. Löw, O. C. Aktas and H. Abdul-Khalik

Improved endothelialisation on silicon oxide (SiO_x) thin film: possible approach for stent coatings, *Clin Res Cardiol* 2011, 100, (9), 852-853 [03.466 (2010)]

A. R. Harris, K. Schwerdtfeger and D. J. Strauss

Adapted filter banks for feature extraction in transcranial magnetic stimulation evoked responses, *Med Biol Eng Comput* 2011, 49, (2), 221-231 [01.791 (2010)]

F. Hausen, N. N. Gosvami and R. Bennewitz

Anion adsorption and atomic friction on Au(1 1 1), *Electrochim Acta* 2011, 56, (28), 10694-10700 [03.642 (2010)]

A. Jagota and C.-Y. Hui

Adhesion, friction, and compliance of bio-mimetic and bio-inspired structured interfaces, *Mat Sci Eng R* 2011, 72, (12), 253-292 [19.750 (2010)]

R. Jain, P. Dandekar, B. Loretz, A. Melero, T. Stauner, G. Wenz, M. Koch and C.-M. Lehr

Enhanced cellular delivery of idarubicin by surface modification of propyl starch nanoparticles employing pteric acid conjugated polyvinyl alcohol, *Int J Pharm* 2011, 420, (1), 147-155 [03.607 (2010)]

C. Jin, Y. Bai, A. Jagota and C.-Y. Hui

Adhesion selectivity by electrostatic complementarity. II. Two-dimensional analysis, *J Appl Phys* 2011, 110, (5), 054903 [02.064 (2010)]

J. S. Kaiser, M. Kamperman, E. J. De Souza, B. Schick and E. Arzt

Adhesion of biocompatible and biodegradable micropatterned surfaces, *Int J Artif Organs* 2011, 34, (2), 180-184 [01.503 (2010)]

S. Kozhukharov, V. Kozhukharov, M. Wittmar, M. Schem, M. Aslan, H. Caparrotti and M. Veith

Protective abilities of nanocomposite coatings containing Al_2O_3 nano-particles loaded by CeCl_3 , *Prog Org Coat* 2011, 71, (2), 198-205 [01.862 (2010)]

E. Kroner, D. Paretkar, R. M. McMeeking and E. Arzt

Adhesion of flat and structured PDMS samples to spherical and flat probes: a comparative study, *J Adhes* 2011, 87, (5), 447-465 [01.066 (2010)]

H. I. Labouta, L. K. El-Khordagui, T. Kraus and M. Schneider

Mechanism and determinants of nanoparticle penetration through human skin, *Nanoscale* 2011, 3, (12), 4989-4999 [04.109 (2010)]

H. I. Labouta, T. Kraus, L. K. El-Khordagui and M. Schneider

Combined multiphoton imaging-pixel analysis for semiquantitation of skin penetration of gold nanoparticles, *Int J Pharm* 2011, 413, (1-2), 279-282 [03.607 (2010)]

H. I. Labouta, D. C. Liu, L. L. Lin, M. K. Butler, J. E. Grice, A. P. Raphael, T. Kraus, L. K. El-Khordagui, H. P. Soyer, M. S. Roberts, M. Schneider and T. W. Prow

Gold nanoparticle penetration and reduced metabolism in human skin by toluene, *Pharm Res* 2011, 28, (11), 2931-2944 [04.456 (2010)]

A. Labuda, F. Hausen, N. N. Gosvami, P. H. Grütter, R. B. Lennox and R. Bennewitz

Switching atomic friction by electrochemical oxidation, *Langmuir* 2011, 27, (6), 2561-2566 [04.268 (2010)]

T. Lehnert, J. Adam, R. Drumm, J. Dietz and M. Veith

Ferroelectric characterization of isolated BaTiO_3 particles, *Ferroelectrics* 2011, 420, (1), 49-55 [00.511 (2010)] [Erratum 2011, 425, (1), 129-129]

H. Lin, P. W. Oliveira and M. Veith

Application of ionic liquids in photopolymerizable holographic materials, *Opt Mater* 2011, 33, (6), 759-762 [01.678 (2010)]

S. Lingam, J. Mohrbacher, T. Brumbarova, T. Potuschak, C. Fink-Straube, E. Blondet, P. Genschik and P. Bauer

Interaction between the bHLH transcription factor FIT and ETHYLENE INSENSITIVE3/ETHYLENE INSENSITIVE3-LIKE1 reveals molecular linkage between the regulation of iron acquisition and ethylene signaling in Arabidopsis, *Plant Cell* 2011, 23, (5), 1815-1829 [09.396 (2010)]

Y. F. Low and D. J. Strauss

A performance study of the wavelet-phase stability (WPS) in auditory selective attention, *Brain Res Bull* 2011, 86, (1-2), 110-117 [02.498 (2010)]

K. Mandel, F. Dillon, A. A. Koos, Z. Aslam, K. Jurkschat, F. Cullen, A. Crossley, H. Bishop, K. Moh, C. Cavelius, E. Arzt and N. Grobert
Facile, fast, and inexpensive synthesis of monodisperse amorphous Nickel-Phosphide nanoparticles of predefined size, *Chem Commun* 2011, 47, (14), 4108-4110 [05.787 (2010)]

S. Mathur and T. Rügamer

Transparent and scratch-resistant C:ZrO_x coatings on polymer and glass by plasma-enhanced chemical vapor deposition, *Int J Appl Ceram Tec* 2011, 8, (5), 1050-1058 [01.280 (2010)]

S. H. Mousavi, M. A. Gharavi, H. Haratizadeh, A. Kitai and P. W. Oliveira

One dimensional aluminum nitride nanostructures: synthesis, structural, and luminescence properties, *J Nanosci Nanotechnol* 2011, 11, (9), 8284-8288 [01.351 (2010)]

S. H. Mousavi, H. Haratizadeh and P. W. Oliveira

Investigation of substrate influence on tin dioxide nanostructures synthesized using horizontal furnace, *J Nanosci Nanotechnol* 2011, 11, (9), 8233-8236 [01.351 (2010)]

A. Neumeyer, M. Bukowski, M. Veith, C.-M. Lehr and N. Daum

Propidium iodide labeling of nanoparticles as a novel tool for the quantification of cellular binding and uptake, *Nanomed-Nanotechnol* 2011, 7, (4), 410-419 [04.882 (2010)]

P. W. Oliveira

Einstufiges Photolithografie-Verfahren für druckbare Elektronik, *Vak Forsch Prax* 2011, 23, (6), 46 [-]

J. Pan, S.-M. Hühne, H. Shen, L. Xiao, P. Born, W. Mader and S. Mathur

SnO_2 - TiO_2 core-shell nanowire structures: Investigations on solid state reactivity and photocatalytic behavior, *J Phys Chem C* 2011, 115, (35), 17265-17269 [04.520 (2010)]

J. Pan, H. Shen, U. Werner, J. D. Prades, F. Hernandez-Ramirez, F. Soldera, F. Mücklich and S. Mathur

Heteroepitaxy of SnO_2 nanowire arrays on TiO_2 single crystals: growth patterns and tomographic studies, *J Phys Chem C* 2011, 115, (31), 15191-15197 [04.520 (2010)]

D. Paretkar, M. Kamperman, A. S. Schneider, D. Martina, C. Creton and E. Arzt

Bioinspired pressure actuated adhesive system, *Mat Sci Eng C* 2011, 31, (6), 1152-1159 [02.178 (2010)]

D. Paretkar, A. S. Schneider, E. Kroner and E. Arzt

In situ observation of contact mechanisms in bioinspired adhesives at high magnification, *MRS Communications* 2011, 1, (01), 53-56 [-]

A. Pathak, R. M. McMeeking, A. G. Evans and V. S. Deshpande

An analysis of the cooperative mechano-sensitive feedback between intracellular signaling, focal adhesion development, and stress fiber contractility, *J Appl Mech* 2011, 78, (4), 041001 [00.617 (2010)]



L. Schimmelpfennig, B. Schwab, W. Metzger, D. Sossong, O. C. Aktas, M. Martinez Miró, J. Lee, M. Veith, T. Pohlemann and M. Oberringer

Cell compatibility of micro- and nanostructured alumina surfaces prepared by chemical vapor deposition, *Tissue Eng A* 2011, 17, (3-4), 568-569 [-]

A. S. Schneider, C. P. Frick, B. G. Clark, P. A. Gruber and E. Arzt

Influence of orientation on the size effect in bcc pillars with different critical temperatures, *Mat Sci Eng A* 2011, 528, (3), 1540-1547 [02.090 (2010)]

V. Schönlitzer, N. Eichner, H. Clausen-Schaumann and I. M. Weiss

Transmembrane myosin chitin synthase involved in mollusc shell formation produced in Dictyostelium is active, *Biochem Bioph Res Co* 2011, 415, (4), 586-590 [02.595 (2010)]

C. Schuh, E. Dörrschuck, O. C. Aktas, I. Marsollek, G. Wenne-muth, M. Veith and H. Abdul-Khalik

Untersuchung der Reaktion von neonatalen Endothel- und glatten Muskelzellen auf neue Nano-Oberflächen für potentielle intravaskuläre Implantate bei Kindern, *Clin Res Cardiol* 2011, 100, (9), 828 [03.466 (2010)]

M. Schulzendorf, C. Cavelius, P. Born, E. Murray and T. Kraus

Biphasic synthesis of Au@SiO₂ core-shell particles with stepwise ligand exchange, *Langmuir* 2011, 27, (2), 727-732 [04.268 (2010)]

C. Schumann and A. Kraegeloh

Scharfer Blick auf Nanopartikel, *Phys J* 2011, 10, (4), 27-32 [-]

C. Trenado, M. Wittmar, M. Veith, N. C. Rosero-Navarro, M. Aparicio, A. Duran, Y. Castro and D. J. Strauss

Multiscale numerical modeling of Ce³⁺-inhibitor release from novel corrosion protection coatings, *Model Simul Mater Sci Eng* 2011, 19, (2), 025009 [01.374 (2010)]

M. Veith, C. Belot and V. Huch

Tris(tetrahydrofuran-κO)tris[tris(thiophen-2-yl)methanolato-κO]terbium(III) tetrahydrofuran monosolvate, *Acta Crystallogr E* 2011, E67, (12), m1712, doi:10.1107/S160053681104623X, online: 09.11.2011 [00.413 (2010)]

M. Veith, M. Bender, T. Lehnert, M. Zimmer and A. Jakob

Novel single-source precursors for the fabrication of PbTiO₃, PbZrO₃ and Pb(Zr_{1-x}Ti_x)O₃ thin-films by chemical vapor deposition, *Dalton Trans* 2011, 40, (5), 1175-1182 [03.647 (2010)]

M. Veith, C. Bubel and M. Zimmer

A novel precursor system and its application to produce tin doped indium oxide, *Dalton Trans* 2011, 40, (22), 6028-6032 [03.647 (2010)]

M. Veith, D. Kolano, V. Huch and J. P. Sutter

Reaktionen des Alumopolysiloxans (Ph₂SiO)₈[AlO(OH)]₄ mit 4,4'-Bipyridin und Azobipyridinen, *Z Anorg Allg Chem* 2011, 637, (12), 1922-1930 [01.247 (2010)]

M. Veith, H. Ullah Wazir, T. Kirs, V. Huch and M. Zimmer

Structural aspects of chlorine-aluminium alkoxides, *Z Anorg Allg Chem* 2011, 637, 923-929 [01.247 (2010)]

D. Wardecki, R. Przeniosło, A. N. Fitch, M. Bukowski and R.-W. Hempelmann

Crystal microstructure of annealed nanocrystalline chromium studied by synchrotron radiation diffraction, *J Nanopart Res* 2011, 13, (3), 1151-1161 [03.253 (2010)]

I. M. Weiss

Biomaterials: Metabolites empowering minerals, *Nat Chem Biol* 2011, 7, (4), 192-193 [15.808 (2010)]

I. M. Weiss and H. O. K. Kirchner

Plasticity of two structural proteins: alpha-collagen and beta-keratin, *J Mech Behav Biomed Mater* 2011, 4, (5), 733-743 [03.297 (2010)]

I. M. Weiss, K.-P. Schmitt and H. O. K. Kirchner

The peacock's train (*Pavo cristatus* and *Pavo cristatus* mut. alba) II. The molecular parameters of feather keratin plasticity, *J Exp Zool A* 2011, 315, (5), 266-273 [01.500 (2010)]

A. Wittmar, M. Wittmar, H. Caparrotti and M. Veith

The influence of the inhibitor particle sizes to the corrosion properties of hybrid sol-gel coatings, *J Sol-Gel Sci Techn* 2011, 59, (3), 621-628 [01.525 (2010)]

E. Wohlfart, J. P. Fernández-Blázquez, E. Arzt and A. Del Campo

Nanofibrillar patterns on PET: The influence of plasma parameters in surface morphology, *Plasma Process Polym* 2011, 8, (9), 876-884 [01.643 (2010)]

M. S. Wu and H. O. K. Kirchner

Second-order elastic solutions for spherical gels subjected to spherically symmetric dilatation, *Mech Mater* 2011, 43, (11), 721-729 [01.911 (2010)]

R. Wuerz, A. Eicke, F. Kessler, P. Rogin and O. Yazdani-Assl

Alternative sodium sources for Cu(In,Ga)Se₂ thin-film solar cells on flexible substrates, *Thin Solid Films* 2011, 519, (21), 7268-7271 [01.909 (2010)]

Aufsätze in übrigen Zeitschriften - Articles in other journals

O. C. Aktas, M. Martinez Miró, J. Lee, S. Brück and M. Veith

Micro-/nanostructured alumina as model surface to study topography effects on cell-surface interactions, *Annual Report, Jahresbericht 2010 - INM Leibniz-Institut für Neue Materialien* 2011, 27-31 [-]

O. C. Aktas, J. Schütt and H. Abdul-Khalik

Beschichtungsverfahren für Stents: Veredelte Schläuche verhindern Thrombosegefahr, *Deutsche Zeitschrift für Klinische Forschung* 2011, 15, (9-10), 47-50 [-]

D. Bentz, C. Becker-Willing, S. Schmitz-Stöwe and M. Veith

Morphology controlled preparation of monodisperse TiO₂ nanorods and nanoparticles for optical nanocomposites, *Annual Report, Jahresbericht 2010 - INM Leibniz-Institut für Neue Materialien* 2011, 11-16 [-]

M. Kamperman and E. Arzt

“Gecko-workshop 2010” - INM initiates new worldwide conference series, Annual Report, Jahresbericht 2010 - INM Leibniz-Institut für Neue Materialien 2011, 41-43 [-]

E. Kroner, M. Kamperman and E. Arzt

Gecko-inspired adhesives - from science to industrial application, adhesion ADHESIVES & SEALANTS 2011, 55, (1), 40-44 [-]

M. Kucki and A. Kraegeloh

The intracellular localization of inorganic engineered versus biogenic materials: a comparison, Annual Report, Jahresbericht 2010 - INM Leibniz-Institut für Neue Materialien 2011, 32-40 [-]

D. Paretkar, M. Kamperman, A. S. Schneider and E. Arzt

Bioinspired pressure actuated adhesive system, Annual Report, Jahresbericht 2010 - INM Leibniz-Institut für Neue Materialien 2011, 17-21 [-]

A. K. Schlarb

Potential solutions for the automotive industry, Kunststoffe international 2011, 101, (7), 68-74 [-]

A. K. Schlarb

Lösungspotenziale für die Automobilindustrie, Kunststoffe 2011, (7), 82-89 [-]

I. M. Weiss

Biological materials - bioinspiration on different length scales, Annual Report, Jahresbericht 2010 - INM Leibniz-Institut für Neue Materialien 2011, 22-26 [-]

Herausgeberschaft - Publisher**M. A. Aegerter, N. Leventis and M. M. Koebel**

Aerogels Handbook, Springer: New York, 2011, Advances in Sol-Gel Derived Materials and Technologies, 963 S.

A. del Campo and E. Arzt

Generating Micro- and Nanopatterns on Polymeric Materials, Wiley-VCH: Weinheim, 2011, 369 S.

Poster - Posters**M. Amlung**

New glass-ceramic coatings with corrosion protection and anti-adhesive properties, Workshop “Materialien und Prozesstechniken der Turbinenschaufelbeschichtung”, EFDS (Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V.), March 14-15, 2011, Dresden

S. G. Balakrishna

Graphene as atomic-scale solid lubricant, Jahrestreffen SPP 1459 der DFG, December 04-08, 2011, Burg Rothenfels

R. Bennewitz, M. Dienwiebel, M. Moseler and F. Müller

TIGeR - Tribological innovation with graphene: Extreme reduction of friction, Inno.Cent Annual Conference Carbon Nanomaterials, Schloss Ettlingen, January 25-27, 2011, Ettlingen

P. Born, V. Schön, A. Munoz, J. Aveson, S. Blum, P. Huber and T. Kraus

Particle assembly at and beneath the gas-liquid interface, 25th ECIS Conference, September 04-09, 2011, Berlin

K. Brörmann, E. Arzt and R. Bennewitz

Friction of microstructured soft elastomer surfaces, Gordon Research Conference on Science of Adhesion, Bates College, July 23-29, 2011, Lewiston, MA, USA

A. Chen and T. Kraus

Probing microscopic mobility in a forming gel: depolarized dynamic light scattering with nanorods, Gordon Research Conference on Supramolecules & Assemblies, Chemistry of Properties and Organization at Multiple Scales, June 19-24, 2011, Lucca, Italy

P. Dandekar, R. Jain, B. Loretz, M. Keil, M. Schnabel, T. Albuzat, M. Koch, G. Wenz, C. Alexander and C.-M. Lehr

Cationic polyrotaxanes as novel carriers for siRNA delivery, Controlled Release Society - German Chapter Annual Meeting & International Symposium of the Thuringian ProExcellence Initiative NanoConSens, March 15-16, 2011, Jena

C. Dufloux, M. Martinez Miró, C. K. Akkan, J. Lee, O. C. Aktas and M. Veith

Decomposition of single source precursors by thermal CVD and PECVD, E-MRS 2011 Spring Meeting, May 09-12, 2011, Nice, France

P. Egberts and R. Bennewitz

Towards the ultimate resolution of nanoindentation: Measurement of homogeneous dislocation nucleation in three dimensions, 2nd International Workshop on Advanced Atomic Force Microscopy Techniques. Karlsruhe Institute of Technology, February 28-March 01, 2011, Karlsruhe
3rd Place Poster Prize

P. Egberts and R. Bennewitz

Atomic-scale nanoindentation: detection and identification of single glide events in three dimensions by force microscopy, Nano/Bio Interface Center Symposium: Local Probes at the Frontiers of Energy Systems and Biotechnology Local Probes at the Frontiers of Energy Systems and Biotechnology, October 26-27, 2011, Philadelphia, PA, USA

R. Jain, P. Dandekar, B. Loretz, M. Koch and C.-M. Lehr

Dimethylaminoethyl methacrylate copolymer: A novel cationic vehicle for siRNA delivery, Controlled Release Society - German Chapter Annual Meeting & International Symposium of the Thuringian ProExcellence Initiative NanoConSens, March 15-16, 2011, Jena

T. Jung, C. Cavelius, H. Schirra, A. Kurz, S. Schmidt, A. Kraegeloh, R. Hanselmann and R. Danzebrink

Physikochemische Charakterisierung der Referenzmaterialien, Erstes Clustertreffen zu den BMBF-Fördermaßnahmen NanoCare und NanoNature, DECHEMA, May 10-11, 2011, Frankfurt am Main



Vorträge - Talks

E. Kroner and E. Arzt

Tilt angle dependent adhesion measurements, GRS Gordon-Kendall Research Seminar, July 23-25, 2011, Lewiston, MA, USA

E. Kroner and E. Arzt

Tilt angle dependent adhesion measurements, GRC Gordon Conference Series, Science of Adhesion, July 25-29, 2011, Lewiston, MA, USA

M. Kucki, C. Cavelius, S. Schmidt and A. Kraegeloh

Referenzmaterial Eisenoxid-Nanopartikel: Fluoreszenzmarkierung, Endotoxingehalt und Verhalten in zellbasierten Assays, Erstes Clustertreffen zu den BMBF-Fördermaßnahmen NanoCare und NanoNature, DECHEMA, May 10-11, 2011, Frankfurt am Main

H. I. Labouta, T. Kraus, L. K. El-Khordagui and M. Schneider

Determinants of skin penetration of gold nanoparticles and insight into the mechanism of action, Controlled Release Society - German Chapter Annual Meeting & International Symposium of the Thuringian ProExcellence Initiative NanoConSens, March 15-16, 2011, Jena

J. Lacava, P. Born and T. Kraus

Self-assembly of nanoparticles into supraparticles inside emulsion droplets, 2nd International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials, March 06-10, 2011, Strasbourg, France

J. Lacava, P. Born and T. Kraus

Self-assembly of nanoparticles into supraparticles inside emulsion droplets, PhD Students Meeting, Saarland University, March 01-02, 2011, Saarbrücken

J. Lacava, P. Born and T. Kraus

Emulsion-templated assembly of nanoparticles, 25th ECIS Conference, September 04-09, 2011, Berlin

M. Lessel, K. Jacobs, F. Hausen, N. N. Gosvami and R. Bennewitz

AFM friction studies on composite substrates: New insights on the role of Van Der Waals forces, PhD Students Meeting, Saarland University, March 01-02, 2011, Saarbrücken

W. Metzger, B. Schwab, L. Schimmelpfennig, O. C. Aktas, M. Martinez Miró and M. Oberringer

Generierung zellselektiver Aluminiumoxid-Beschichtungen durch chemische Gasphasenabscheidung, DKOU Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, October 25-28, 2011, Berlin

K. Narr, M. Koch, C. Cavelius, A. Kraegeloh and A. K. Kierner

Localization of gold nanoparticles within human lung epithelial cells: A microscopical analysis, 11th International ELMI Meeting on Advanced Light Microscopy, June 07-10, 2011, Alexandroupolis, Greece

H. K. Schmid

Defect structures in ZnO investigated by high-resolution structural and spectroscopic STEM imaging, Conference on Frontiers of Electron Microscopy in Materials Science (FEMMS 2011), September 18-23, 2011, Rohnert Park, CA, USA

E. Weber, M. Eder, P. Bauer and I. M. Weiss

Biotechnology of mineral composites, The Society for Experimental Biology Annual Main Meeting, July 01-04, 2011, Glasgow, UK

Vorträge - Talks

Stand / Status: 01.04.2012

Eingeladene Vorträge - Invited Talks

O. C. Aktas

Nanostructured surfaces by chemical vapor deposition for biomedical applications, Seminar/Ringvorlesung, Fachhochschule Kaiserslautern; November 17, 2011; Kaiserslautern

O. C. Aktas, M. Martinez Miró, A. Haidar and K. Löw

Nanostructured coating for cardiovascular implants, Annual Congress on Stem Cell Research; September 28-October 02, 2011; Sapanca, Turkey

O. C. Aktas and A. Subrahmanyam

Surface engineered coatings on mechanical heart valves: diagnostics of thrombosis, EU-India Science and Technology Cooperation Days 2011; December 01-02, 2011; Wien

M. Amlung

Kratzeste glaskeramische Korrosionsschutzschichten mit Antihaft-Eigenschaften, Universität Duisburg-Essen; June 09, 2011; Duisburg

E. Arzt

Bioinspired mesotextured surfaces for adhesion - from basics to applications, Materials' Days, Universität Rostock; October 06, 2011; Rostock

E. Arzt

Mikrostrukturierte Haftoberflächen - Vom Vorbild Natur zu praktischen Anwendungen, 1. Zukunftsarena Oberflächentechnik; September 14, 2011; Zeulenroda

E. Arzt

Bioinspired mesotextured surfaces for adhesion - from basics to applications, International Materials Research Congress (IMRC); August 14-18, 2011; Cancun, Mexico

E. Arzt

Fibrillar adhesive systems with switchability, SMART '11; July 06-08, 2011; Saarbrücken

E. Arzt

Mikrostrukturierte Haftoberflächen - Vom Vorbild Natur zu praktischen Anwendungen, GDCh-Vortrag, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; June 27, 2011; Freiburg

E. Arzt

An Overview of INM - from Nanotechnology to Bioadhesion, Institutskolloquium, IMM; April 28, 2011; Mainz

E. Arzt

Strength, adhesion, and meso-textured surfaces: a tour of size effects in materials and structures, Lee Hsun-Lecture; April 17-21, 2011; Shenyang, China

E. Arzt

Adhesion mechanisms in micropatterned dry adhesives with hierarchical structure, DFG, Workshop zum SPP1420; April 11-12, 2011; Berlin

E. Arzt

Fibrillar adhesion surfaces: a new scientific paradigm on the way to applications, European Coatings Conference; March 28-29, 2011; Nürnberg

E. Arzt

Mikrostrukturierte Haftoberflächen - Vom Vorbild Natur zu praktischen Anwendungen, DPG-Frühjahrstagung; March 13-15, 2011; Dresden

E. Arzt

Bioinspired adhesion surfaces: from basics to applications, 4th International Conference on Mechanics of Biomaterials & Tissues; December 11-14, 2011; Waikola, HI, USA

E. Arzt

Biomimetic adhesive surfaces - from principles to applications, Department of Materials Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology; December 08, 2011; Cambridge, MA, USA

E. Arzt

INM - vom Molekül zur Pilotfertigung, Parlamentarischer Abend, Veranstaltung der Leibniz-Gemeinschaft; June 07, 2011; Berlin

E. Arzt

Wissenschaft & Forschung als treibende Kraft für Innovationen, Podiumsdiskussion; May 18, 2011; Saarbrücken

C. Becker-Willinger

INM Applikationslabore NMO, Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP Greifswald e.V.); January 31, 2011; Greifswald

R. Bennewitz

On the origins of wear debris formation, WOM - 18th International Conference on Wear of Materials; April 03-07, 2011; Philadelphia, PA, USA

R. Bennewitz

Atomic friction experiments on molecularly thin films, Northwestern University; April 11, 2011; Chicago, IL, USA

R. Bennewitz

Atomic friction experiments under electrochemical control, Argonne National Laboratory; April 08, 2011; DuPage County, IL, USA

R. Bennewitz

Nanowissenschaften und Reibung: Entwicklung neuer Materialien, DASA, Arbeitswelt Ausstellung; March 03, 2011; Dortmund

R. Bennewitz

Friction on molecularly thin films, Seminar am IWM Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik; February 25, 2011; Freiburg

R. Bennewitz

Atomic friction experiments under electrochemical control, ECOS-28, 28th European Conference on Surface Science, University of Wrocław; August 28-September 02, 2011; Wrocław, Poland

R. Bennewitz

Atomic friction on molecularly thin films, Joint ICTP-FANAS Conference on Trends in Nanotribology; September 12-16, 2011; Trieste, Italy

R. Bennewitz

Atomic friction experiments on molecularly thin films, SFB 616 Seminar, Universität Duisburg-Essen; May 31, 2011; Duisburg

R. Bennewitz

Atomic friction experiments under electrochemical control, MRS Fall Meeting 2011; November 28-December 02, 2011; Boston, MA, USA

R. Bennewitz, N. N. Gosvami, F. Hausen, A. Labuda, P. H. Grütter and R. B. Lennox

Atomic friction experiments under electrochemical control, 2nd International Workshop on Advanced Atomic Force Microscopy Techniques, Karlsruhe Institute of Technology; February 28-March 01, 2011; Karlsruhe

P. Born and T. Kraus

Mechanical aspects of particle self-assembly from liquid menisci, MRS Fall Meeting 2011; November 29, 2011; Boston, MA, USA

K. Brörmann

Friction of microstructured rubber surfaces, Johannes Gutenberg Universität; March 25, 2011; Mainz

A. Caron

Effect of Mesosstructure on the mechanical properties of metallic glasses, Seminar des Physikalischen Instituts, Georg-August-Universität; October 24, 2011; Göttingen

J. Frindert

Import von Siliciumdioxid-Nanopartikeln in den Nucleus humaner Lungenepithelzellen, Seminar der AG Biophysik, Ingolf Bernhardt, Universität des Saarlandes; June 10, 2011; Saarbrücken

F. Hausen and R. Bennewitz

Atomic friction under electrochemical control, International Conference on Stick-slip Dynamics; From Nano to Geophysical Scales, Hebrew University of Jerusalem; May 02-05, 2011; Jerusalem, Israel

**F. Hausen and R. Bennewitz**

Atomic friction in an electrochemical environment, University of Pennsylvania; November 17, 2011; Philadelphia, PA, USA

F. Hausen and R. Bennewitz

Atomic friction in an electrochemical environment, TU Clausthal; November 23, 2011; Clausthal

A. Kraegeloh

Interactions of nanoparticles at the cellular level, Scientific Seminar in the Branch Campus of the Faculty of Biotechnology, University of Rzeszów (Mitglied der Wissenschafts-Delegation des Ministeriums für Inneres und Europaangelegenheiten des Saarlandes); March 29-31, 2011; Rzeszów, Poland

A. Kraegeloh

Analysis of nanoparticle cell interactions by high resolution microscopy, Seminar, Advanced Ceramics Group, University of Bremen, FB04; August 29, 2011; Bremen

A. Kraegeloh

NanoKon, Erstes Clustertreffen zu den BMBF-Fördermaßnahmen NanoCare und NanoNature, DECHEMA; May 10-11, 2011; Frankfurt am Main

A. Kraegeloh

Nanomaterials in Health - Two sides of a coin, Internal Conference for Global Energy and Environment; October 05, 2011; Tokyo, Japan

A. Kraegeloh

Speaker in der Session "Nanohealth", STS Forum - Science and Technology in Society; October 03, 2011; Tokyo, Japan

A. Kraegeloh

STED-Mikroskopie und ihre Anwendungen, Überfakultäre Ringvorlesung „Bildgebende Verfahren in Medizin, Technik und Naturwissenschaft“, Universität des Saarlandes; November 15, 2011; Saarbrücken

T. Kraus

Material design via particle assembly: Fundamental questions and engineering aspects, Universität Bremen; April 11, 2011; Bremen

T. Kraus

Printing, packaging, and packing particles, Workshop "Packaging: Putting things and people together - Networking in Nano- and Biotechnology", Segelschiff Regina Maris; September 14-19, 2011; Kiel

T. Kraus

Regular particle superstructures: from fundamental to engineering problems, Flinders University; May 12, 2011; Adelaide, Australia

E. Kroner and E. Arzt

Fibrilläre Haftoberflächen, Farbe und Lack; December 07, 2011; Stuttgart

R. M. McMeeking

Adhesion and friction on patterned surfaces, MRS Fall Meeting 2011; November 28-December 02, 2011; Boston, MA, USA

D. Paretkar, M. Kamperman, C. Creton and E. Arzt

Pressure responsive gecko-inspired adhesive system: effect of tip shape and aspect ratio, Aizenberg Group, Harvard University; February 13-16, 2011; Boston, MA, USA

H. Peuschel

Untersuchung der Interaktion von Silika-Nanopartikeln mit humanen Lungenzellen, Internes Seminar der Abteilung Neurochirurgie/Neuroonkologie Uniklinikum Homburg; December 13, 2011; Homburg

A. K. Schlarb

Challenges and opportunities of polymer based nanocomposites in science and industry, 2nd Polymer Conference of Thailand (PCT- 2); October 20, 2011; Bangkok, Thailand

A. K. Schlarb

Tribology of PEEK-based composites, Joint ICTP-FANAS Conference on Trends in Nanotribology; September 12-16, 2011; Trieste, Italy

A. K. Schlarb

Prospects of plastics technology due to reinforcement on different scales, The Petroleum Institute; September 04, 2011; Abu Dhabi, United Arab Emirates

A. K. Schlarb

Reinforced plastics - fundament of energy efficient mobility, JKU Linz; June 29, 2011; Mainz

A. K. Schlarb

Verstärkte Kunststoffe und Leichtbau, Jahrestagung VDMA Kunststoffmaschinen; June 09, 2011; Mainz

A. K. Schlarb

Tailoring the tribological behavior of polymer sliding systems by the incorporation of fillers, November 04, 2011; Qingdao, China

A. S. Schneider

Influence of bulk pre-straining on the size effect in nickel compression pillars, Lehrstuhl für Technische Physik, Institutsseminar, Universität des Saarlandes; November 18, 2011; Saarbrücken

A. S. Schneider, D. Kiener, P. A. Gruber, C. Yakacki, H. Maier and C. P. Frick

Influence of bulk pre-straining on the size effect in nickel compression pillars, E-MRS 2011 Spring Meeting; May 11, 2011; Nice, France

M. Veith

Einsame Elektronenpaare, Diskussionstagung Anorganisch-Technische Chemie, Dechema; February 17-18, 2011; Frankfurt am Main

M. Veith

Chemieshow, Stipendienübergabe der StudienStiftungSaar; May 04, 2011; Schiffweiler

M. Veith

Nano- and microstructures by chemical methods, Nanomat-Abschlusskolloquium SPP 1181; September 28, 2011; Darmstadt

M. Veith

Keramische Nano-Partikel im Baubereich für besondere Beanspruchungen, 3. Symposium „Beschichten von Beton“, Technische Akademie Wuppertal (TAW); December 13, 2011; Wuppertal

I. M. Weiss

Evolutionary requirements for glycosyltransferases in organic-matter-controlled mineral-forming processes, Symposium zur Evaluierung des CRC Geobiology; January 14-16, 2011; Göttingen

I. M. Weiss

Pearls and feathers: Mineralized and crystalline materials in nature, Seminar in Structural Biology at Weizmann Institute of Science; January 04, 2011; Rehovot, Israel

I. M. Weiss

A forming, mineralizing interface: Biological feedback mechanisms, CECAM Workshop Grand Challenges in Understanding Interfaces Between Hard and Soft Matter. CECAM-HQ-EPFL; May 11-14, 2011; Lausanne, Switzerland

I. M. Weiss

Struktur-Enzyme der Perlmutter-Biomineralisation für biotechnologisch herstellbare Multifunktionsmaterialien, BIOTECHNICA „Forum Industrielle Biotechnologie“, Messe Hannover; October 12, 2011; Hannover

I. M. Weiss

Mollusc glycosyltransferases and their relevance for biomineralization in corals, WUN Workshop on „Mineralization in Corals“, Kings Manor; July 11-13, 2011; York, UK

I. M. Weiss

Mollusc shells, formed by myosin chitin synthases, Seminarvortrag, Sektion Kristallographie, Ludwig-Maximilians-Universität; November 15, 2011; München

I. M. Weiss

Biological machines producing shells and feathers, 4th International Conference on Mechanics of Biomaterials & Tissues; December 11-14, 2011; Waikola, HI, USA

Sonstige Vorträge - Other talks

J. Adam

WP2: Printed FRAM materials development, Final PriMeBits Review. European Commission; February 14, 2011; Brussels, Belgium

J. Adam

Properties of printable memory cells based on ferroelectric particles – Summary of the INM contribution to the completed EU project PriMeBits, INM; January 20, 2011; Saarbrücken

C. K. Akkan

Laser interference structuring, KORANET Workshop, INM; January 27-28, 2011; Saarbrücken

C. K. Akkan

Laser patterning for bio applications, KORANET Workshop, LATARUM, Kocaeli University; April 14-15, 2011; Kocaeli, Turkey

O. C. Aktas

Nanomaterials for medical applications, KORANET Workshop, INM; January 27-28, 2011; Saarbrücken

O. C. Aktas

Nano-structured surfaces for biomedical applications, KORANET Workshop, LATARUM, Kocaeli University; April 14-15, 2011; Kocaeli, Turkey

O. C. Aktas

Functional applications of CVD thin films, KIST; March 23, 2011; Saarbrücken

O. C. Aktas

Functional applications of nanomaterials, Kocaeli University; May 16, 2011; Kocaeli, Turkey

O. C. Aktas

Nanomaterials for dental implants, Dentium Dental; May 2011; Frankfurt am Main

O. C. Aktas

Nanomaterials for medical applications, KIAT; May 2011; Frankfurt am Main

O. C. Aktas

Nanomaterials for medical applications, „Nanomaterials in Medicine“ Workshop New Indigo; July 04-05, 2011; Homburg

O. C. Aktas

Nanomaterials for biomedical applications, Wonju Medical Equipment Techno Valley; November 29, 2011; Wonju-si, Gangwon-do, South Korea

O. C. Aktas, J. Lee, M. Martinez Miró, C. K. Akkan, A. Haidar, L. K. Schwarz, K.-H. Schäfer, H. Abdul-Khaliq and M. Veith

Selective adhesion and alignment effect of cell growth on nanostructured Al/Al₂O₃, E-MRS 2011 Spring Meeting; May 09-12, 2011; Nice, France

O. C. Aktas, M. Martinez Miró, C. K. Akkan, J. Lee, A. Haidar, H. Abdul-Khaliq, L. K. Schwarz, K.-H. Schäfer and M. Veith

Hierarchically patterned surfaces for cell guidance, NanoTR-VII - 7th Nanoscience & Nanotechnology, Sabanci University; June 27-July 01, 2011; Istanbul, Turkey

M. Amlung

Beschichtungen zur Erhöhung der Biegebruch-Festigkeit von Glas, Hannover-Messe, Forum „Surface Technology“ der Fraunhofer Gesellschaft; April 03-06, 2011; Hannover

E. Arzt

Neue Perspektiven in der funktionellen Mikroskopie, Vortrag anlässlich der Einweihung des Centrums für Funktionelle Mikroskopie; October 21, 2011; Saarbrücken

E. Arzt

Das neue INM, Vortrag beim Leibniz-Führungskolleg; May 12-13, 2011; Schloss Liebenstein

C. Becker-Willinger

Nanoparticle and coating formulation, Projekttreffen CuVito; June 15-17, 2011; Torino, Italy

**C. Becker-Willinger**

Neue Oberflächeneigenschaften auf Kunststoffen über Nanopartikel, VDI-Forum „Oberflächen von spritzgegossenen Kunststoffteilen“; May 24-25, 2011; Schwäbisch Gmünd

C. Becker-Willinger

Nanomer®-Schutzschichten, Industrievortrag national; September 27-28, 2011; -

C. Becker-Willinger

Tribological Nanomer®-Systems, Materialica 2011; October 19-20, 2011; München

C. Becker-Willinger and R. Rolles

Materials research at INM, Yale School of Engineering and Applied Science; August 25, 2011; New Haven, CT, USA

C. Bernarding, M. Latzel, D. J. Strauss and F. I. Corona-Strauss

On the objective electrophysiological estimation of listening effort in different age groups, 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011); April 27-May 01, 2011; Cancun, Mexico

C. Bernarding, D. J. Strauss, R. Hannemann, M. Latzel, H. Seidler, U. Jobst, A. Bellaghech, M. Landwehr and F. I. Corona-Strauss

The effects of age and hearing impairment on the extraction of listening effort correlates, 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS 2011; August 30-September 03, 2011; Boston, MA, USA

C. Bernarding, D. J. Strauss, M. Latzel, R. Hannemann, J. Chalupper and F. I. Corona-Strauss

Simulations of hearing loss and hearing aid: Effects on electrophysiological correlates of listening effort, 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS 2011; August 30-September 03, 2011; Boston, MA, USA

A. Bohr, C. Bernarding, D. J. Strauss and F. I. Corona-Strauss

Effects of auditory selective attention on chirp evoked auditory steady state responses, 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS 2011; August 30-September 03, 2011; Boston, MA, USA

P. Born, J. Becker and T. Kraus

Influence of ligand shell on colloidal crystallization, Directed Self-Assembly of Materials Workshop; September 28-October 01, 2011; Nashville, TN, USA

M. Busse, M. Vukelic, A. Kraegeloh, D. Stevens, J. Rettig, E. Arzt and D. J. Strauss

On the possible effects of nanoparticles on neuronal feedback circuits: A modeling study, 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011); April 27-May 01, 2011; Cancun, Mexico

F. I. Corona-Strauss, C. Bernarding, M. Latzel and D. J. Strauss

Syllable evoked auditory late responses: Effects of noise onsets and noise types, 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011); April 27-May 01, 2011; Cancun, Mexico

C. Dufloux

Herstellung von Aluminiumschichten durch thermische CVD, Skiseminar 2011 Lenzerheide, Lehrstuhl für Molekül- und Koordinationschemie; March 27-April 01, 2011; Lenzerheide, Switzerland

C. Dufloux

Vergleich von drei CVD-Verfahren für die Zersetzung eines tert-Butoxyalans, PhD Students Meeting, Saarland University; June 07, 2011; Saarbrücken

M. Geerkens and R. Rolles

Technology transfer at INM, Workshop GIST Technology Institute; June 15, 2011; Saarbrücken

E. Gonzalez-Trejo, F. Philipp-Wiegmann, K. D. Römer, P. Reinert, Y. F. Low, S. Bouregghda, W. Retz, M. Rösler and D. J. Strauss

Assessment of cortical inhibition in adult attention-deficit/hyperactivity disorder by paired-chirp auditory evoked potentials, 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011); April 27-May 01, 2011; Cancun, Mexico

E. Gonzalez-Trejo, D. J. Strauss and K. Schwerdtfeger

Transcranial magnetic stimulation (TMS): Development of an alternative placebo system, 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011); April 27-May 01, 2011; Cancun, Mexico

L. Haab, M. Busse, M. Mariam, T. Weis and D. J. Strauss

Detection of a novelty event in the identification of faces in a passive VEP task, 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011); April 27-May 01, 2011; Cancun, Mexico

A. Haidar

Nanomaterials for cardiovascular implants, KORANET Workshop, INM; January 27-28, 2011; Saarbrücken

A. Haidar

Surfaces for cardiovascular implants, KORANET Workshop, LATARUM, Kocaeli University; April 14-15, 2011; Kocaeli, Turkey

A. Haidar, M. Martinez Miró, J. Lee, C. K. Akkan, S. Brück, K. Löw, O. C. Aktas and H. Abdul-Khalik

Improved endothelialisation on silicon oxide (SiO₂) thin film: possible approach for stent coatings, 43. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie; October 01-04, 2011; Weimar

F. Hausen, A. Labuda, N. N. Gosvami and R. Bennewitz

Electrochemical control of atomic friction, AVS 58th Annual International Symposium and Exhibition; October 30-November 04, 2011; Nashville, TN, USA

A. Kraegeloh

Leben mit Nanopartikeln - kleinste Teilchen in der Biologie, Tag der Offenen Tür der Universität des Saarlandes; June 18, 2011; Saarbrücken

A. Kraegeloh, S. Schübbe, C. Schumann, T. Müller, H. Peuschel, M. Koch and C. Cavelius

Localization of nanoparticles inside cells: Application of high resolution fluorescence microscopy, International Conference on

“Biological Responses to Nanoscale Particles”, University of Duisburg-Essen; September 11-15, 2011; Essen

K. Kruse and I. M. Weiss

In vivo generation and computational modelling of carbohydrate templates for hierarchical, mineralized composites, DFG Priority Programme SPP 1569 Generation of multifunctional inorganic materials by molecular bionics - Review Colloquium, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung; September 13, 2011; Stuttgart

J. Lee

Patterned surfaces for cell guidance, KORANET Workshop, INM; January 27-28, 2011; Saarbrücken

J. Lee

Nano-structured alumina surfaces for neuron cell culturing, KORANET Workshop, LATARUM, Kocaeli University; April 14-15, 2011; Kocaeli, Turkey

J. Lee, C. Bubel, C. K. Akkan, M. Martinez Miró, C. Dufloux, H. W. Park, O. C. Aktas and M. Veith

Topography and wettability of PEEK surface by hierarchical structuring by laser and plasma treatment, E-MRS 2011 Spring Meeting; May 09-12, 2011; Nice, France

J. Lee, M. Martinez Miró, C. K. Akkan, A. Haidar, W. Metzger, L. K. Schwarz, K.-H. Schäfer, H. Abdul-Khaliq, M. Veith and O. C. Aktas
Development of multi scale structured Al/Al₂O₃ nanowires for controlled cell guidance, 5th IEEE International Conference on Nano/Molecular Medicine and Engineering (IEEE-Nanomed 2011); November 09-12, 2011; Jeju, South Korea

T. Lehnert, J. Adam and M. Veith

Transparent nanocomposites with high dielectric constant, LOPE-C 2011 - Large-area, Organic and Printed Electronics Convention; June 28-30, 2011; Frankfurt am Main

H. Lin and P. W. Oliveira

Application of ionic liquids in photopolymerizable hologram materials, 2011 ICO International Conference on Information Photonics, IP 2011; May 18-20, 2011; Ottawa, Canada

L. Lin and A. K. Schlarb

Schweißen von thermoplastbasierten Nanokompositen, DVS/NAS Kolloquium 2011 Nanotechnologie - Innovationspotenziale und Herausforderungen für die Fügetechnik; October 04, 2011; Berlin

Y. F. Low, K. C. Lim, Y. G. Soo and D. J. Strauss

Feasibility of using the wavelet-phase stability in the objective quantification of neural correlates of auditory selective attention, 5th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering, BIOMED 2011; June 20-23, 2011; Kuala Lumpur, Malaysia

Y. F. Low and D. J. Strauss

A performance study of the wavelet-phase stability in the quantification of neural correlates of auditory selective attention, 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER 2011); April 27-May 01, 2011; Cancun, Mexico

M. Martinez Miró

Chemical vapour deposition of Al/Al₂O₃ nanowires, KORANET Workshop, INM; January 27-28, 2011; Saarbrücken

M. Martinez Miró, W. Metzger, J. Lee, M. Oberringer, M. Veith and O. C. Aktas

Selective response of cells to the nanotopography and new phenomenon in growth mechanisms (μ -gravity), 17th International Biomedical Science & Technology Symposium; November 23-25, 2011; Ankara, Turkey

K. Moh

Das INM - unterwegs im Nanometerbereich, Tag der Offenen Tür der Universität des Saarlandes; June 18, 2011; Saarbrücken

K. Narr, A. Kraegeloh and A. K. Kiemer

Internalization of gold nanoparticles in human lung epithelial cells, PhD Students Meeting, Saarland University; March 01-02, 2011; Saarbrücken

P. W. Oliveira

Glass-like coating for CIGS-solar-cell, Industrievortrag international; February 19-24, 2011; -

P. W. Oliveira

Material for printable electronics, Industrievortrag international; February 19, 2011; -

P. W. Oliveira

Kooperation mit Brasilien, Podiumsdiskussion Brasilien, IHK Pfalz; April 14, 2011; Ludwigshafen

P. W. Oliveira

Beschichtung auf Kunststoff, Industrievortrag international; September 22-23, 2011; -

P. W. Oliveira

Materialien für druckbare Elektronik, 6. MATERIALICA Design Kongress; October 19-20, 2011; München

D. Paretkar, M. Bartlett, A. J. Crosby and E. Arzt

Adhesion and buckling of single micropillars, Gordon Research Seminar; July 24, 2011; Lewiston, MA, USA

D. Paretkar, M. Kamperman, C. Creton and E. Arzt

Pressure responsive gecko-inspired adhesive system: effect of tip shape and aspect ratio, Peebles Graduate Research Award Talk, Adhesion Society Meeting; February 13-16, 2011; Savannah, GA, USA

D. Paretkar, M. Kamperman, A. S. Schneider, C. Creton and E. Arzt

Tuning pressure responsive adhesion of bioinspired fibrillar surfaces, Gordon Research Conference; July 25-29, 2011; Lewiston, MA, USA

N. J. Peter, A. S. Schneider, B. Heiland, I. M. Weiss and E. Arzt

Structure-property relationship of nacre in abalone sea shell, INASCON 2011; August 20, 2011; Aarhus, Denmark

H. Peuschel, S. Schübbe, C. Schumann, T. Müller, C. Cavelius and A. Kraegeloh

Interactions of silica nanoparticles with lung epithelial cells: cytotoxicity and intracellular uptake, International Conference on Biological Responses to Nanoscale Particles, University of Duisburg-Essen; September 11-15, 2011; Essen

**R. Rolles**

From molecules to pilot production: Materials research at INM, Workshop KIST Europe; July 01, 2011; Saarbrücken

A. K. Schlarb

Processing and properties of polymer based nanocomposites, Malaysia Polymer International Conference 2011 (MPIC 2011); October 18-20, 2011; Kuala Lumpur, Malaysia

A. K. Schlarb

Perspectives in polymers and polymer composites, Fundación ITMA, Materials Technological Institute; July 15, 2011; Llanera, Spain

A. K. Schlarb

Chancen und Trends für Kunststoffe im Automobil, IHK-Branchenforum Neue Materialien im Automobil und in der Fahrzeugproduktion; June 21, 2011; Saarbrücken

H. Schmid-Engel, R. Koppert, D. Göttel, U. Werner and G. Schultes

Novel carbon-based materials for pressure and force sensors, Sensor+Test Kongress; June 07-09, 2011; Nürnberg

A. S. Schneider

Metallic microstructures, Industrievortrag international; January 12, 2011; -

A. S. Schneider, D. Kiener, P. A. Gruber, C. Yakacki, H. Maier and C. P. Frick

Influence of bulk pre-straining on the size effect in nickel compression pillars, ECI Conference on Nanomechanical Testing in Materials Research and Development; October 12, 2011; Lanzarote, Spain

A. S. Schneider, D. Kiener, P. A. Gruber, C. Yakacki, H. Maier and C. P. Frick

Influence of bulk pre-straining on the size effect in nickel compression pillars, MRS Fall Meeting 2011; November 29, 2011; Boston, MA, USA

V. Schön, P. Huber, P. Born and T. Kraus

Surface layering of suspended Au-nanoparticles, DPG-Frühjahrs-tagung; March 13-18, 2011; Dresden

C. Schuh, E. Dörrschuck, O. C. Aktas, I. Marsollek, G. Wenne-muth, M. Veith and H. Abdul-Khalik

Untersuchung der Reaktion von neonatalen Endothel- und glatten Muskelzellen auf neue Nano-Oberflächen für potentielle intravaskuläre Implantate bei Kindern, 43. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie; October 01-04, 2011; Weimar

G. Schultes, H. Schmid-Engel, A. C. Probst, S. Uhlig, D. Göttel, J. Bock, J. Bambauer, T. Speicher, R. Koppert, U. Werner, S. Berger and K. Zohar

Nickel-Kohlenstoffschichten für Druck- und Kraftsensoren - Nickel carbon thin films for pressure and force sensors, Mikrosystem-technik-Kongress 2011; October 10-12, 2011; Darmstadt

M. Veith

Von Nano-Chemie und Nano-Technologie, Chemie - Nichts geht ohne sie, Öffentliche Ringvorlesung zum internationalen Jahr der Chemie, Universität des Saarlandes; November 17, 2011; Saarbrücken

F. Wählich, E. Arzt, I. M. Weiss and R. Bennewitz

Mechanical multi scale testing on hierarchically structured materials, 4th International Conference on Mechanics of Biomaterials & Tissues; December 11-14, 2011; Waikola, HI, USA

I. M. Weiss

INM - Materials in Biology, Kurzvortrag im Rahmen des Treffens des AK Biotechnologie der Leibniz-Gemeinschaft; February 11, 2011; Berlin

U. Werner and K. Moh

The growth process of 2D colloidal crystals investigated by simulation and by filtering based on the pair correlation function, Mini-Symposium "Anordnungsmechanismen von Nanopartikeln"; October 27, 2011; Saarbrücken



Podiumsdiskussion anlässlich "Science meets Parliament" der Leibnizgemeinschaft in Berlin.

Lehrveranstaltungen - Lectures

Lehrveranstaltungen - Lectures

Wintersemester 2010/2011

C. Aktas

Chemische Nanotechnologie

Vorlesung, Fachhochschule Kaiserslautern / Campus Zweibrücken

E. Arzt und MitarbeiterInnen

NanoBioMaterialien I

Vorlesung mit Übung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

E. Arzt und MitarbeiterInnen

NanoBioMaterialien-P

Praktikum, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

E. Arzt

INM-Kolloquium

Kolloquium, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

R. Bennewitz und MitarbeiterInnen

Experimentalphysik IVa (Festkörperphysik)

Vorlesung und Übung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

R. Bennewitz (und N. Strobach)

Sehen, Beobachten, Abbilden

Seminar, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

M. Veith

Molekülchemie der Hauptgruppenelemente I (AC7)

Vorlesung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

I. Weiss, M. Eder

BOT: Modul Botanik für B.Sc. / LA Biologie

Vorlesung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken (Lehrstuhl für Pflanzenbiologie, Prof. Bauer)

I. Weiss, M. Eder

BOT: Modul Botanik für B.Sc. Biologie

Praktikum, Universität des Saarlandes, Saarbrücken (Lehrstuhl für Pflanzenbiologie, Prof. Bauer)

I. Weiss

Biochemisches Großpraktikum I, Teil D (Protein- und Enzymreinigung) für B.Sc. Biochemie

Kurs und Seminar, Universität Regensburg, Regensburg

I. Weiss, E. Weber

AP-III: Molekulare Pflanzenbiologie

Praktikum / Seminar, Universität des Saarlandes, Saarbrücken (Lehrstuhl für Pflanzenbiologie, Prof. Bauer)

Sommersemester 2011

C. Aktas

Nanomaterials and Energy Applications

Vorlesung, Fachhochschule Kaiserslautern / Campus Zweibrücken, 2 SWS

E. Arzt und MitarbeiterInnen

NanoBioMaterialien-2

Vorlesung mit Übung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2 SWS

E. Arzt

INM-Kolloquium

Kolloquium, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2 SWS

M. Veith

AC09 - Materialien aus molekularen Vorstufen

Vorlesung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2 SWS

M. Veith

Betreuung von Vertiefungspraktika (ACV)

Praktika, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

M. Veith

Seminar für Doktoranden

Seminar, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1 SWS

Sonstige Lehrveranstaltungen

M. Quilitz

Selber denken - Transdisziplinäre Betrachtungen zum Denken

Vorlesung, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur, Leipzig, 2 SWS / Block

M. Veith

Seminar Sla1 (Spezielle Kapitel für Lehramtsstudierende)

Seminar, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Betreuung eines Termins mit 3 Studenten

Wintersemester 2011/2012

C. Aktas

Chemische Nanotechnologie

Vorlesung, Fachhochschule Kaiserslautern / Campus Zweibrücken, 2 SWS

C. Aktas

Nanomaterials: Synthesis, Characterization and Properties

Vorlesung, Fachhochschule Kaiserslautern / Campus Zweibrücken, 2 SWS

E. Arzt und MitarbeiterInnen

NanoBioMaterialien-1

Vorlesung mit Übung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2 SWS

E. Arzt und MitarbeiterInnen

NanoBioMaterialien-P

Praktikum, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 4 SWS

E. Arzt und MitarbeiterInnen

Einführung in die Materialwissenschaft

Vorlesung mit Übung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 5 SWS



Patente - Patents

E. Arzt

INM-Kolloquium
Kolloquium, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2 SWS

R. Bennewitz

Experimentalphysik IVa (Festkörperphysik I) (EP IV)
Vorlesung mit Übungen, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 3 SWS

M. Eder

BOT: Modul Botanik für B.Sc. / LA Biologie
Vorlesung und Praktikum, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2 SWS (Lehrstuhl für Pflanzenbiologie, Prof. Bauer)

I. M. Weiss

Protein- und Enzymreinigung
Kurs und Seminar, Bachelorstudiengang Biochemie, Universität Regensburg, 7 + 1 SWS

Sonstige Lehrveranstaltungen

R. Bennewitz

„Die Wahrheit und eine Stelle in der Industrie – Ziele und Wege der naturwissenschaftlichen Doktorarbeit“
Workshop des GradUS (Graduiertenprogramm der Universität des Saarlandes), 20.-21.01.2012 Me modignit alitio. Itatur modisci

Patente - Patents

Im Jahr 2011 erfolgten sechs Patentanmeldungen, die noch nicht offengelegt wurden. Dem Institut wurden 16 Patente erteilt, vier davon im Rahmen einer europäischen Patentanmeldung in insgesamt 22 Mitgliedsstaaten. Somit wurden 34 nationalisierte Schutzrechte zugeteilt.

In 2011, INM has filed six new patent applications which are not yet published. 16 patents have been granted, four of these in the frame of a European patent application in 22 member states. Thus in total 34 nationalized property rights were granted.

Erteilte deutsche Patente

DE 102009022097 B4

Titel: „Zusammensetzung und Verfahren zur Herstellung von ITO-Pulvern oder ITO-Beschichtungen“
Erfinder: Carsten Bubel, Michael Veith, Peter William de Oliveira

Erteilte europäische Patente

EP 0 950 039 B1

Titel: „Verbundstoffe“
Erfinder: Helmut Schmidt, Martin Mennig, Gerhard Jonschker

EP 1 499 692 B1

Titel: „Substrate mit Biofilm-hemmender Beschichtung“
Erfinder: Carsten Becker-Willinger, Helmut Schmidt

EP 2 171 542 B1

Titel: „Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von strukturierten optischen Materialien“
Erfinder: Peter William de Oliveira, Peter Rogin, Michael Gros, Martin Amlung, Michael Veith

EP 1 261 663 B1

Titel: „IR-absorbierende Zusammensetzungen“
Erfinder: Martin Döbler, Werner Hoheisel, Helmut Schmidt, Ralph Nonninger, Martin Schichtel, Martin Jost

Erteilte internationale Patente:

US-Patent-Nr: 7901657 B2

Titel der Prioritätsanmeldung: „Amphiphile Nanopartikel“
Erfinder: Ertugrul Arpac, Helmut Schmidt, Murat Akarsu

Taiwanesisches Patent Nr. 1339673

Titel der Prioritätsanmeldung: „Liquid repellent, alkali resistant coating composition and coating suitable for pattern forming“
Erfinder: Helmut Schmidt, Carsten Becker-Willinger, Pamela Kalmes, Etsuko Hino, Norio Ohkuma

Chinesisches Patent Nr. ZL200780032226.8

Titel der Prioritätsanmeldung: „Zusammensetzung zur Beschichtung elektrischer Leiter und Verfahren zur Herstellung einer solchen Zusammensetzung“
Erfinder: Sener Albayrak, Carsten Becker-Willinger, Michael Veith, Oral Cenk Aktas

Japanisches Patent Nr. 4761788

Titel der Prioritätsanmeldung: „Beschichtete anorganische Pigmente, Verfahren zu deren Herstellung und deren Verwendung“
Erfinder: Helmut Schmidt, Martin Menning, Axel Kalleder

Japanische Patent Nr. 4773825

Titel der Prioritätsanmeldung: „Liquid repellent, alkali resistant coating composition and coating suitable for pattern forming“
Erfinder: Helmut Schmidt, Carsten Becker-Willinger, Pamela Kalmes, Etsuko Hino, Norio Ohkuma

US-Patent Nr. 7985477

Titel der Prioritätsanmeldung: „Liquid repellent, alkali resistant coating composition and coating suitable for pattern forming“
Erfinder: Helmut Schmidt, Carsten Becker-Willinger, Pamela Kalmes, Etsuko Hino, Norio Ohkuma

Japanisches Patent Nr. 4841094

Titel der Prioritätsanmeldung: „Verfahren und Zusammensetzungen zum Bedrucken von Substraten“
Erfinder: Axel Kalleder, Rainer Kreutzer, Martin Mennig, Helmut Schmidt

Kooperationen - Cooperations

Koreanisches Patent Nr. 10-1083951

Titel der Prioritätsanmeldung: „Antiadhäsive Hochtemperaturschichten“

Erfinder: Mesut Aslan, Robert Drumm, Klaus Endres, Hareesh Nair, Bernd Reinhard, Helmut Schmidt

Koreanisches Patent Nr. 10-88613

Titel der Prioritätsanmeldung: „Abriebfeste optische Schichten und Formkörper“

Erfinder: Carsten Becker-Willinger, Martin Kluge, Helmut Schmidt

Japanisches Patent Nr. 4889188

Titel der Prioritätsanmeldung: „Mikrobizid beschichteter Gegenstand, Verfahren zu dessen Herstellung und dessen Verwendung“

Erfinder: Thomas Schiestel, Hermann Schirra, Helmut Schmidt, Detmar Buxmann

Japanisches Patent Nr. 4878678

Titel der Prioritätsanmeldung: „Katalytische Zusammensetzung, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung“

Erfinder: Thomas Benthien, Stefan Faber, Gerhard Jonschker, Stefan Sepeur, Helmut Schmidt, Philipp Stößel

Kooperationen - Cooperations

Kooperationen mit nationalen Institutionen (Auswahl) - Cooperations with national institutions (Selection)

cc-NanoBioNet e. V. / Saarbrücken

Christian-Albrechts Universität / Kiel

Deutsches Elektronensynchrotron DESY / Hamburg

Fachhochschule Kaiserslautern / Kaiserslautern

Fachhochschule Kaiserslautern / Zweibrücken

Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), Berlin

FIZ – Fachinformationszentrum, Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur / Karlsruhe

Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) / St. Ingbert

Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik / Dresden

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) / Freiburg i.Br.

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) / Freiburg i.Br.

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) / Saarbrücken

Friedrich-Alexander-Universität / Erlangen-Nürnberg

Helmholtz-Institut für Pharmazeutische Forschung Saarland (HIPS) / Saarbrücken

Hochschule für angewandte Wissenschaften / München

Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (HTW) / Saarbrücken

Humboldt-Universität / Berlin

Johannes Gutenberg-Universität / Mainz

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) / Eggenstein-Leopoldshafen

Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften (ISAS) / Dortmund und Berlin

Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) / Dresden

Leibniz-Institut für Innovative Mikroelektronik (IHP) / Frankfurt (Oder)

Leibniz-Institut für Katalyse (LIKAT) / Rostock

Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) / Berlin

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung (IOM) / Leipzig

Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP) / Greifswald

Leibniz-Institut für Polymerforschung (IPF) / Dresden

Leibniz-Institut für umweltmedizinische Forschung (IUF) / Düsseldorf

Ludwig-Maximilians-Universität / München

Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme / Stuttgart

Max-Planck-Institut für Polymerforschung / Mainz

Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI), Berlin

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität / Bonn

Ruhr-Universität Bochum / Bochum

Ruprecht-Karls-Universität / Heidelberg

Technische Universität Ilmenau / Ilmenau

Technische Universität Kaiserslautern / Kaiserslautern

Universität Gießen / Gießen

Universität Köln / Köln

Universität Regensburg / Regensburg

Universität des Saarlandes / Saarbrücken

Universität Stuttgart / Stuttgart

Universität Tübingen / Tübingen

Universität Ulm / Ulm

Universitätsklinikum des Saarlandes / Homburg

Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) / Berlin

Westfälische Wilhelms-Universität / Münster

ZeMA - Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gemeinnützige GmbH / Saarbrücken

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) Baden-Württemberg / Stuttgart

Kooperationen mit internationalen Institutionen (Auswahl) - Cooperations with international institutions (Selection)

Al Azhar University / Gaza, Palestine

Brookhaven National Laboratory / New York, NY, USA

Centre de Recherche Public Henri Tudor (CRP Henri Tudor) / Luxemburg, Luxembourg

Centro Tecnológico de Minas Gerais CETEC / Belo Horizonte, Brasil

CNRS Laboratoire de Chimie de Coordination (LCC) / Toulouse, France

Cornell University / Ithaca, NY, USA



Veranstaltungen - Events

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) / Lausanne, Switzerland
Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI) / Paris, France
European Synchrotron Radiation Facility / Grenoble, France
Flinders University of South Australia / Adelaide, Australia
Hebrew University / Rehovot, Israel
Indian Institute of Science / Mumbai, India
Indian Institute of Technology / Kanpur, India
Indian Institute of Technology / Madras, India
Institut de Biologie Moléculaire des Plantes / Straßburg, France
Instituto de Ceramica y Vidrio / Madrid, Spain
Institut de Recerca en Energia de Catalunya / Barcelona, Spain
Institut National de la Recherche Agronomique / Paris, France
Institut Pasteur / Paris, France
Istanbul Technical University / Istanbul, Turkey
John Innes Centre / Colney, Norwich, UK
KIAT (Korean Institute for Advancement of Technology) / Seoul, Republic of Korea
KIST (Korea Institute of Science and Technology) / Seoul, Republic of Korea
KITECH (Korea Institute of Industrial Technology) / Seoul, Republic of Korea
Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli, Turkey
KRICT (Korea Research Institute of Chemical Technology) / Seoul, Republic of Korea
KUT (Korean University of Technology and Education) / Cheonan, Republic of Korea
Lehigh University / Bethlehem, PA, USA
Marmara University / Istanbul, Turkey
McGill University / Montreal, Canada
McMaster University / Hamilton, Canada
Montanauniversität Leoben / Leoben, Austria
Nanoscience Centre / Cambridge, UK
National University of Singapur / Singapur, Singapore
Northwestern University / Chicago, IL, USA
Sandia National Laboratories / Albuquerque, NM, USA
Shahrood University of Technology / Shahrood, Iran
Technion - Israel Institute of Technology / Haifa, Israel
Tohoku University / Sendai, Japan
Universidad Autónoma / Barcelona, Spain
Universidade Araraquara / Araraquara, Brasil
Universidade Sao Paulo / Sao Paulo, Brasil
Université d'Evry / Evry, France
Universiti Teknikal Malaysia Melaka / Melaka, Malaysia
Université de Toulouse / Toulouse, France
Université Paris-Nord XIII / Villetaneuse, France
University College London / London, UK
University of Aberdeen / Aberdeen, UK
University of Alexandria / Alexandria, Egypt
University of California / Berkeley, CA, USA
University of California / Santa Barbara, CA, USA
University of Cambridge / Cambridge, UK
University of Chemical Technology and Metallurgy / Sofia, Bulgaria
University of Illinois / Urbana, IL, USA
University of Ioannina / Ioannina, Greece
University of Massachusetts / Amherst, MA, USA
University of Notre Dame / Notre Dame, IN, USA
University of Nottingham / Nottingham, UK
University of Oxford / Oxford, UK
University of Pennsylvania / Philadelphia, PA, USA
University of Poitiers / Poitiers, France
University of Queensland / Brisbane, Australia
University of Wageningen / Wageningen, Netherlands
University of Warsaw / Warsaw, Poland
University of South Australia / Adelaide, Australia
University of Wyoming / Laramie, WY, USA
University of York / York, UK
VTT Technical Research Centre of Finland / Espoo, Finland
Weizmann Institute of Science / Rehovot, Israel
Zonguldak Karaelmas University / Zonguldak, Turkey

Veranstaltungen - Events

Kick-Off-Meeting CuVito

Ausrichtung, C. Becker-Willinger
Saarbrücken, January 25-26, 2011

Workshop „Research for Life-Long Health“ / Kick-Off-Meeting KORANET

Ausrichtung, C. Aktas, C. K. Akkan, A. Haidar, J. Lee, M. Martinez Miró, M. Veith
Saarbrücken, January 27-28, 2011

Ausstellung „Nano – Nutzen und Visionen einer neuen Technologie“, DASA Dortmund

Exponate, S. Heusing, T. Kraus, K. Moh, P. Rogin, C. Sauer, S. Schmitz-Stöwe
Dortmund, February – October 2011

NanoTech Tokio

Stand und Exponate, C. Becker-Willinger, P. W. de Oliveira, R. Rolles
Tokio, February 16-18, 2011

Hannover Messe 2011

Stand und Exponate, M. Amlung, E. Arzt, D. Bentz, M. Quilitz, R. Rolles, S. Schmitz-Stöwe
Hannover, April 4-8, 2011

Girls' Day am INM

Organisation und Beiträge, E. Bubel, C. Guth, M. Koch, S. Siegrist
Saarbrücken, April 14, 2011

Industrie-Workshop

Ausrichtung, C. Aktas, E. Arzt, C. Becker-Willinger, E. Kroner, R. Rolles, P. W. de Oliveira, B. Reinhard, A. Schneider, H. Tlatlik
Saarbrücken, May 3, 2011

Jahrestreffen des Verwaltungsausschusses der Leibniz-Gemeinschaft

Ausrichtung, E. Arzt, M. Marx, R. Rolles
Saarbrücken, May 5-6, 2011

KIAT-Workshop (EU-Korea)

Ausrichtung, C. Aktas
Saarbrücken, May 6, 2011

Industrie-Workshop "Blick hinter die Kulissen", ME Saar – Verband der Metall- und Elektroindustrie des Saarlandes e. V.

Ausrichtung, E. Arzt, R. Rolles, C. Becker-Willinger, P. W. de Oliveira
Saarbrücken, May 11, 2011

Informationsveranstaltung für eine Delegation aus Politik und Wirtschaft aus der polnischen Region Podkarpackie

Vortrag und Exponate, R. Rolles, A. Kraegeloh, R. Bennewitz
Saarbrücken, May 12, 2011

Industrie-Workshop "Optical materials"

Ausrichtung, P. W. de Oliveira, R. Rolles
Saarbrücken, May 31, 2011

Science meets Parliament der Leibniz-Gemeinschaft

Stand und Exponate, E. Arzt, M. Quilitz
Berlin, June 7, 2011

Workshop im Projekt +composite

Ausrichtung, S. Brück, C. Aktas
Saarbrücken, June 16-17, 2011

Tag der Offenen Tür der Universität des Saarlandes

Vorträge, Führungen, M. Koch, A. Kraegeloh, K. Moh
Saarbrücken, June 18, 2011

**IHK-Branchenforum Fahrzeugbau / Automatisierungstechnik
"Neue Materialien im Automobil und in der Fahrzeugproduktion"**

Ausrichtung, E. Arzt, C. Becker-Willinger, P. W. de Oliveira,
A. Schlarb, R. Bennewitz, R. Rolles
Saarbrücken, June 21, 2011

Workshop "Nanomaterials in Medicine" / Kick-Off-Meeting New Indigo / HeartSen

Organisation und Beiträge, C. Aktas, M. Veith, C. Akkan, S. Brück,
C. Dufloux, J. Lee, M. Martinez Miró
Homburg, July 4-5, 2011

Workshop im Projekt „NanoKon“

Ausrichtung, A. Kraegeloh
Saarbrücken, August 9, 2011

„Saarlandbotschafter: Biotechnologie - Schlüssel für Produktivitätssteigerung und nachhaltige Entwicklung“

Ausrichtung, R. Rolles
Saarbrücken, September 14, 2011

Konstituierende Sitzung des Leibniz-Verbundes Nanotechnologie der Leibniz-Gemeinschaft

Ausrichtung, E. Arzt, M. Quilitz
Saarbrücken, September 29, 2011

Workshop, Centre de Recherche Public – Gabriel Lippmann, Luxemburg

Ausrichtung, C. Aktas, E. Arzt, R. Bennewitz, D. Brodoceanu,
A. Kraegeloh, E. Kroner, J. S. Lee, P. W. de Oliveira, B. Reinhard,
R. Rolles, S. Schmitz-Stöwe, I. Weiss
Saarbrücken, October 14, 2011

MATERIALICA 2011

Stand und Exponate, C. Becker-Willinger, T. Müller, S. Brück,
M. Opsölder
München, October 18-20, 2011

Einweihung des neuen „Centrum für Funktionelle Mikroskopie“

Ausrichtung, E. Arzt, H. Schmid, M. Koch
Saarbrücken, October 20, 2011

Symposium "Assembly mechanisms of nanoparticles"

Ausrichtung, T. Kraus, P. Born
Saarbrücken, October 27, 2011

Workshop im Projekt „InSight“

Ausrichtung, P. W. de Oliveira
Saarbrücken, November 9, 2011

Wissenschaftliches Kolloquium mit Gästen der Universität Rzeszów (Polen)

Ausrichtung, E. Arzt, A. Kraegeloh
Saarbrücken, November 23, 2011

Symposium „Neue Perspektiven der Materialsynthese und Werkstoffentwicklung“, Teil 1

Ausrichtung, E. Arzt
Saarbrücken, November 30 – December 1, 2011



Einweihung des neuen "Centrum für Funktionelle Mikroskopie".



AUSLANDSAUFENTHALT IN DEN USA

[illegible]

Quelle: Frankfurter Allgemeine Zeitung,
19. Oktober 2011, Nr. 243, S. N2



Das I&M entwickelt innovative Elektronik und Konzepte für:

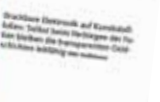
Forscher am IIM – Leibniz-Institut für Neue Materialien – haben einen Weg entwickelt, um „TCO“-Nanopartikel im Tiefdruckverfahren direkt auf Kunststofffolien aufzubringen. Damit wird das strukturierte Drucken von transparenten Leiterstrukturen auf Folien möglich.

Es ist zu erwarten, auch dem Binder vollständig zu machen, wird die Leitfähigkeit insgesamt steigen und der Flächenwiderstand weiter absinken.

Ein weiteres Plus: Das Besondere an flexiblen Folienmaterialien macht die Produktion in klassischen Roll-to-Roll-Anlagen möglich. Im ersten Schritt werden viereckige, teils als MM-Folien oder als Folien mit einer dünnen Schicht aus leitfähigem Material aufgetragen, in der zweiten Phase wird das Material in eine gewollte Form (z.B. ein Rechteck) geschnitten und in eine gewollte Größe (z.B. 10 cm x 10 cm) geschnitten. In der dritten Phase wird das Material in eine gewollte Form (z.B. ein Rechteck) geschnitten und in eine gewollte Größe (z.B. 10 cm x 10 cm) geschnitten.

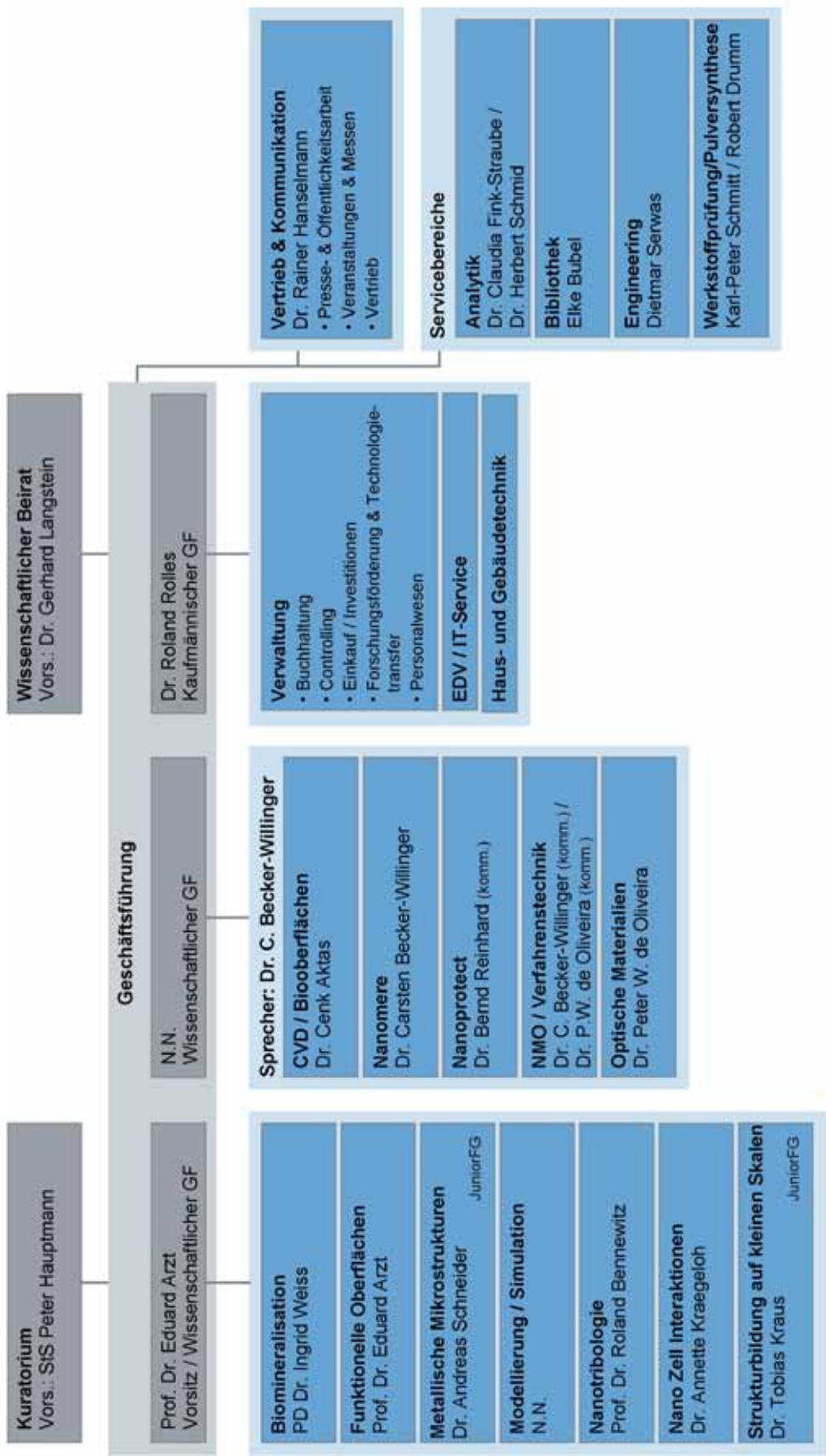
[illegible]

Indium (lateinisch Indium) ist ein weiches, silberweißes Metall. Es ist ein Element der Gruppe 13 des Periodensystems. Indium ist ein weiches, silberweißes Metall, das bei Raumtemperatur fest ist. Es ist ein Element der Gruppe 13 des Periodensystems. Indium ist ein weiches, silberweißes Metall, das bei Raumtemperatur fest ist. Es ist ein Element der Gruppe 13 des Periodensystems.

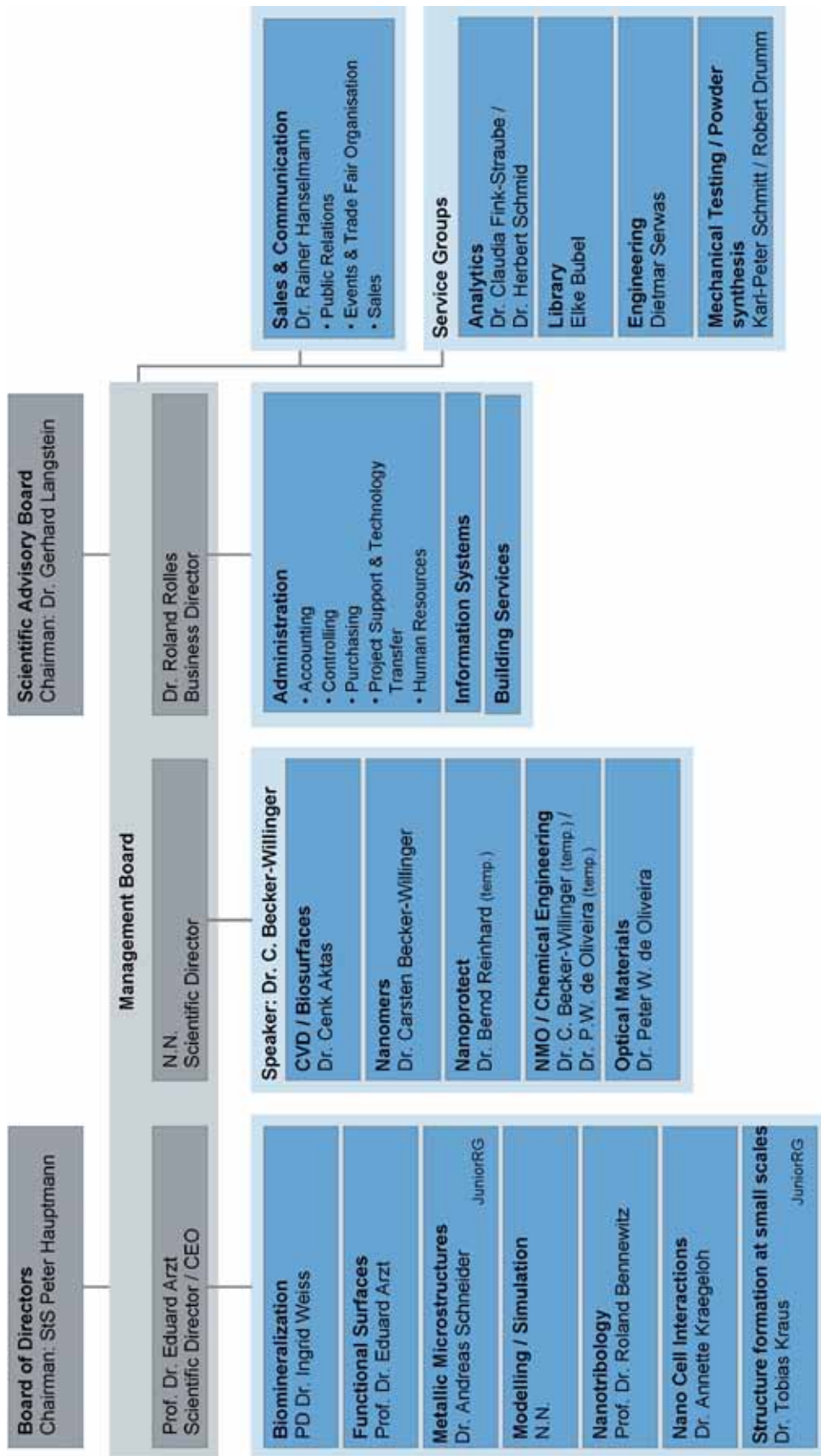


Quelle: Allianz der Wissenschaftsorganisationen, Wirtschaft und Sicherheit, 2011, S. 30

Organigramm - Organigram



Stand: 31. Dezember 2011



As of December 31, 2011



Nanomer ist ein von INM eingetragener Markenname.

Layout/Satz:	J. Pütz
Redaktion:	Dr. M. Quilitz, Dr. Ch. Sauer
Korrektur:	M. Bonnard, A. Caron, Dr. M. Eder, M. Groh, C. Hartmann, Dr. T. Kraus, Dr. E. Kroner, Dr. M. Kucki, Dr. K. Moh, Dr. Th. Müller
Fotos:	INM - Uwe Bellhäuser, das Bilderwerk
Druck:	Digitaldruck Pirrot GmbH, Saarbrücken-Dudweiler
Titelseite:	links: Beschichtete Herzimplante (© Uwe Bellhäuser, das Bilderwerk) rechts oben: Beschichtung mit niedriger Gleitreibung (© INM) rechts unten: Makroskopisches hierachisches Modellsystem (© INM)

INM – Leibniz-Institut für
Neue Materialien gGmbH

Campus D2 2
66123 Saarbrücken
www.inm-gmbh.de

Telefon: 0681/9300-0
Telefax: 0681/9300-223
E-mail: contact@inm-gmbh.de

Wissenschaftlicher Geschäftsführer:
Prof. Dr. Eduard Arzt (Vorsitz)

Kaufmännischer Geschäftsführer:
Dr. Roland Rolles

ISSN: 1864-225X

